

الأسس العمليّة فِى التّركيبات الكهربيّة

م. أحمد عبد المتعال

المدرس بالكلية التقنية بالدمام



الأسس العملية
في التركيبات الكهربية

بسم الله الرحمن الرحيم

المـوسوعة العملية في التركيبات الكهربية (١)

الأسس العملية في التركيبات الكهربية

إعـــداد

المهندس / أحمد عبد المتعال

المدرس بالكلية التقنية بالدمام

الكتـــــاب : الأسس العملية في التركيبات الكهربية

المؤلــــف : م. أحمد عبد المتعال

رقــم الطبعــة : الأولى (إعادة طباعة)

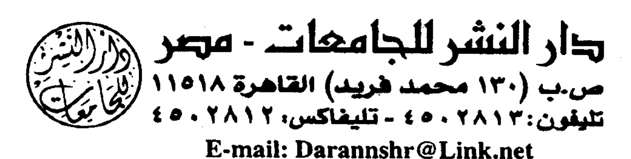
تاريخ الإصدار : ١٤٢٦هـ - ٢٠٠٥م

الناشـــــر : دار النشر للجامعات

رقـم الإيـداع : ٩٧/١٠٥٧٥

الترقيم الدولي : ISBN: 977-5526-67-1

الكــــود : ٢/٤٦


دار النشر للجامعات - مصر
ص.ب (١٣٠ محمد فريد) القاهرة ١١٥١٨
تليفون: ٤٥٠٢٨١٣ - تليفاكس: ٤٥٠٢٨١٢
E-mail: Darannshr@Link.net

بسم الله الرحمن الرحيم

﴿ رَبِّ أَوْزِعْنِي أَنْ أَشْكُرَ نِعْمَتَكَ الَّتِي أَنْعَمْتَ عَلَيَّ وَعَلَىٰ وَالِدَيَّ وَأَنْ أَعْمَلَ صَالِحًا تَرْضَاهُ وَأَصْلِحْ لِي فِي ذُرِّيَّتِي إِنِّي تُبْتُ إِلَيْكَ وَإِنِّي مِنَ الْمُسْلِمِينَ (١٥) ﴾ [الأحقاف: ١٥].

صدق الله العظيم

شكر وتقدير

أتقدم بخالص الشكر للأستاذ الدكتور/ محمد عبد المقصود عز العرب الأستاذ بقسم الهندسة الكهربية بكلية الهندسة بشبين الكوم –جامعة المنوفية، وكذلك أتقدم بخالص الشكر للمهندس محمد صديق المدرس بقسم الكهرباء بالمعهد الفنى الصناعى ببور سعيد.

وأخيراً أتقدم بخالص الشكر لكل من قدم لنا يد المعاونة فى إعداد هذا الكتاب راجياً من المولى العلى القدير أن يثيبهم على حسن عملهم وجزاهم الله خير الجزاء.

المؤلف

محتويـــات الكتـــاب

الموضوع **الصفحة**

الباب الثالث

مانعات الصواعق

الباب الرابع

الوقاية من التلامس الكهربى

الباب السابع

أجهزة الوقاية الكهربية

الباب الثامن

الأخطاء وطرق التنسيق على تمييزها

الباب التاسع

فحص التركيبات الكهربية

الباب الأول

الصدمة الكهربية

الصدمة الكهربية

١ / ١ – مقدمة

إن حجم الضرر الذى يلحق بالإنسان المتعرض للصدمة الكهربية يتحدد من ثلاثة عناصر وهم :

١– مسار التيار فى جسم الإنسان .

٢– المدة الزمنية التى يمر فيها التيار فى جسم الإنسان .

٣– شدة التيار المار فى جسم الإنسان .

ويمكن تمثيل جسم الإنسان بالموصل المعزول فالبشرة الخارجية لجسم الإنسان تمثل عزل الموصل، فهى تمنع انتقال الجهود الخارجية لداخل جسم الإنسان، أما داخل جسم الإنسان فهو يشبه القلب النحاسى، إذ أن المقاومة الداخلية لجسم الإنسان صغيرة؛ لاحتواء جسم الإنسان على ماء مملح، وبمجرد أن يقوم الجهد الكهربى بكسر عازلية بشرة الإنسان الخارجية يمر التيار الكهربى فى جسم الإنسان، وتكون مقاومة جسم الإنسان فى هذه الحالة أقل ما يمكن ويصبح جسم الإنسان كموصل جيد للتيار الكهربى .

فقبل أن يحدث انهيار لعازلية البشرة الخارجية لجسم الإنسان؛ فإن مقاومة جسم الإنسان تكون كبيرة، الأمر الذى يؤدى إلى إمرار تيار ضعيف جداً عند تعرض جسم الإنسان لجهد خارجي، ولكن بمجرد انهيار عازلية البشرة الخارجية تزداد شدة التيار المار فى جسم الإنسان والذى يعمل على إثارة الجهاز العصبى والعضلات بالحد الذى يؤدى لاضطراب أداء الأعصاب وتلف لعضلات الجسم وخاصة عضلة القلب وقد يؤدى لتوقف القلب والوفاة .

١ / ٢ – أسباب أصابة الإنسان بالصدمة الكهربية

يوجد عدة أسباب تؤدى لإصابة الإنسان بالصدمة الكهربية نذكر منها ما يلى :

١– **التلامس المباشر** وهو ملامسة أى جزء من جسم الإنسان لأحد الموصلات الحية (الحاملة للتيار الكهربى) .

والشكل (١-١) يبين كيفية تعرض الإنسان للصدمة الكهربية نتيجة التلامس المباشر.

- الملفات الثانوية للمحول
- الملفات الثانوية لمحول التوزيع

L1
L2
L3

الشكل (١-١)

ففى الشكل (أ) يتعرض الإنسان للصدمة الكهربية نتيجة للتلامس المباشر مع أحد أوجه مصدر كهربى مؤرض.

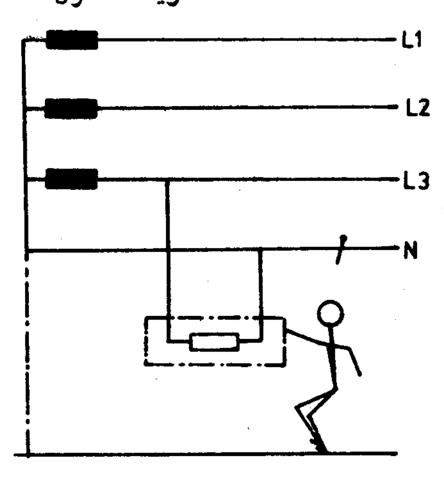
وفى الشكل (ب) يتعرض الإنسان للصدمة الكهربية نتيجة للتلامس المباشر مع أحد أوجه مصدر كهربى غير مؤرض مع وجود انهيار لعزل وجه آخر وملامسته مع الأرض.

وفى الشكل (جـ) يتعرض الإنسان للصدمة الكهربية نتيجة للتلامس المباشر مع وجهين من المصدر الكهربى بواسطة اليدين.

٢ـ **التلامس الغير مباشر** وينتج عن ملامسة الإنسان للأجزاء الموصلة وغير الحاملة للتيار الكهربى والمتعرضة لجهد كهربى، على سبيل المثال هياكل الأجهزة والمعدات المعدنية والتى ليست متعرضة لجهد كهربى فى الظروف الطبيعية.

ولكنها يمكن أن تنقل تيار كهربى إذا تعرضت لجهد كهربى نتيجة لتلف داخلى لعزل المعدة أو الجهاز.

والشكل (١ - ٢) يبين كيفية تعرض الإنسان للصدمة من جراء التلامس الغير مباشر.



الشكل (١-٢)

٣- القوس الكهربى الناتج عن فصل أحد القواطع الأتوماتيكية CB'S أو اقتراب شخص من أحد خطوط الجهد العالى وتجاوز المسافة الآمنة وهذا يسبب إلى إحداث شرارة كهربية تؤدى أحيانًا إلى العمى أو إحداث حروق فى جسم الإنسان.

٤- تعرض توصيلات الجهد المنخفض لجهد عالٍ بالخطأ نتيجة لصعقة كهربية أو قصر بين ملفات الجهد المنخفض والجهد العالى للمحولات وهذا يعرض المستخدمين للصدمة الكهربية.

١ / ٣ - العوامل المؤثرة على حجم الإصابة بالصدمة الكهربية

وجد أن الإنسان يمكن يشعر بالتيار الكهربى الذى شدته (1mA) وتردده (50HZ)، أو التيار الكهربى المستمر الذى شدته (5mA). أما إذا مر تيار كهربى متردد شدته (1:8mA) فى جسم الإنسان يحدث تقلص غير مؤلم للعضلات ويمكن للشخص التخلص من مصدر التيار الكهربى المسبب للصدمة.

وإذا مر تيار كهربى متردد شدته (15:30 mA) يزداد تقلص العضلات المؤلم ويفقد المصاب سيطرته على نفسه ويفشل فى تخليص نفسه من مصدر التيار الكهربى المسبب للصدمة. وعند مرور تيار كهربى متردد شدته (30:50mA) يصبح التنفس صعبًا، أما إذا مر تيار كهربى متردد شدته (50:100 mA) يحدث خللاً فى وظيفة القلب يؤدى للوفاة لبعض المصابين. أما إذا مر تيار كهربى شدته (100:200mA) فى جسم الإنسان فإن القلب يتوقف عن العمل وتفشل الإسعافات

الطبية فى إنقاذ المصاب.

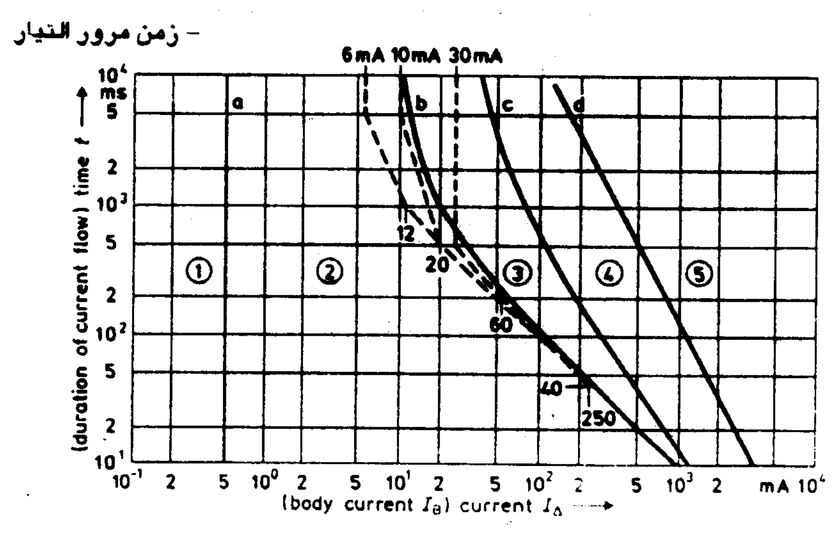
والجدير بالذكر أنه عند مرور تيار كهربى متردد أكبر (200 mA) فإن المصاب سوف يصاب بحروق شديدة فى مسار التيار الكهربى. ويمكن تلخيص العوامل المؤثرة على حجم الإصابة من الصدمة الكهربية فيما يلى:

- **شدة التيار**: فكلما ازدادت شدة التيار المار فى الإنسان ازدادت شدة الصدمة الكهربية.
- **زمن مرور التيار الكهربى**: كلما ازداد زمن مرور التيار الكهربى فى جسم الإنسان ازدادت شدة الصدمة الكهربية. فمرور تيار قدره (80:90 mA) لمدة 3 ثوانى يؤدى إلى توقف القلب والوفاة.
- **التردد**: وجد بالتجربة أن التيار المتردد أشد خطورة من التيار المستمر فالتيار المتردد الذى تردده 50HZ يمثل أقصى خطورة للإنسان.
- **مسار التيار فى جسم الإنسان**: ويمكن ترتيب مسار التيار فى جسم الإنسان من حيث الخطورة كما يلى:

قدم إلى قدم - يد إلى يد - يد يسرى إلى قدمين - يد يمنى إلى قدمين.

والشكل (١-٣) يبين مناطق الخطورة على الأشخاص البالغين من جراء الإصابة بالصدمة الكهربية من تيار متردد (50:60HZ).

- زمن مرور التيار



-- تيار التسرب

الشكل (١-٣)

حيث إن :

لا يوجد تأثير على الشخص	Zone 1
لا يوجد ضرر فى وظائف الأعضاء	Zone 2
لا يوجد خطورة من انقباض العضلات	Zone 3
يحدث انقباض للعضلات بنسبة 50%	Zone 4
يحدث انقباض للعضلات بنسبة تزيد عن 50%	Zone 5

١ / ٤ - الآثار المترتبة على الصدمة الكهربية

هناك عدة آثار تحدث للشخص المتعرض للصدمة الكهربية يمكن إيجازها فيما يلى :

١- الحروق الكهربية ويمكن تقسيمها إلى :

أ- حروق تنتج عن مرور التيار الكهربى فى جسم الإنسان وتتمثل فى ظهور بقع مستديرة لونها فضى أو أصفر، وأحياناً تأخذ شكل الجزء المكهرب الذى لامسه الشخص وتشفى مع الزمن.

ب- حروق تنتج من تأثير القوس الكهربى على جسم الإنسان وتتمثل فى تهيج الجلد عند سقوط ذرات المعدن المنصهر أثناء القوس الكهربى على الشخص المصاب وتشفى مع مرور الأيام.

جـ- حروق تنتج عند الصدمة الكهربية بالجهود العالية نتيجة لتأثير التيار المار فى جسم الإنسان، وكذلك القوس الكهربى ويتمثل فى ظهور بقع مستديرة وتهيج للجلد نتيجة لسقوط المعدن المنصهر عليه.

٢- أضرار عصبية ويمكن تقسيمها إلى :

أ - تقلص للعضلات بدون فقدان للوعى.

ب - تقلص للعضلات مع فقدان الوعى.

جـ - فقدان الوعى وتوقف القلب والتنفس وتوقف الدورة الدموية.

١ / ٥ - الاسعافات الأولية للمصاب بالصدمة الكهربية

هناك عدة اسعافات أولية تجرى للمصاب بالصدمة الكهربية يمكن إيجازها فيما يلى :

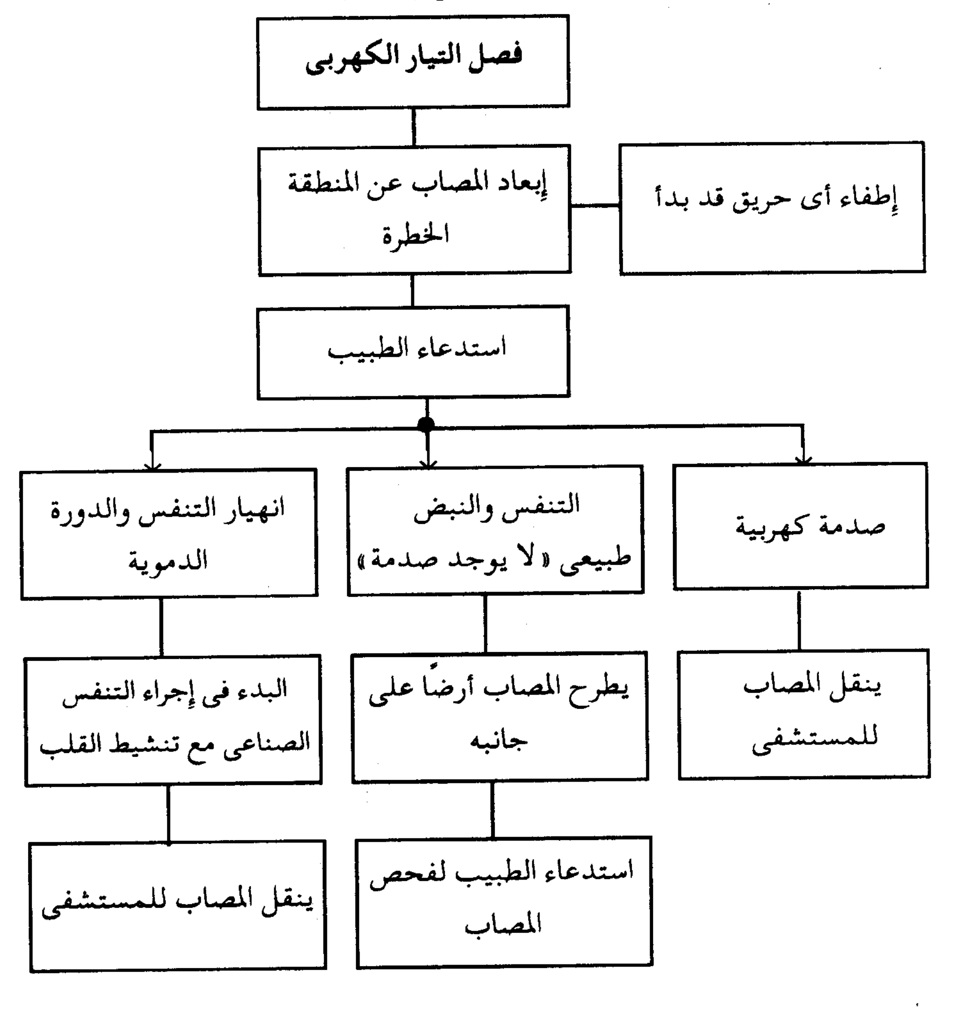
١- تخليص المصاب بالتيار الكهربى وذلك بقطع التيار الكهربى، وإذا تعذر ذلك

يقوم المنقذ بإبعاد المصاب عن الجسم المكهرب بواسطة عمود خشبى كما هو مبين بالشكل (١-٤).

وبعد ذلك يقوم المنقذ باستدعاء الطبيب ثم التعامل مع المصاب تبعًا لحالته والمخطط الصندوقى للمراحل المتبعة لإنقاذ المصاب بالصدمة الكهربية مبين بالشكل (١-٥).

- عمود خشبي بخطاف
- لوح من الخشب

الشكل (١-٤)



الشكل (١-٥)

والجدير بالذكر أن هناك ثلاث حالات يمكن أن يتعرض لها المصابين بالصدمة الكهربية وهم كما يلى :

أ- توقف الجهاز التنفسى والدورة الدموية ويمكن التأكد من ذلك بوضع مرآة فى مقابلة فم المصاب، ففى حالة عدم وجود تكاثف على المرآة فإن هذا يدل على انهيار الجهاز التنفسى ويمكن وضع ورقة فى مقابلة فم وأنف المصاب فإذا لم تتحرك دل على انهيار الجهاز التنفسى وفى هذه الحالة يجرى تنفس صناعى للمصاب، ويمكن التأكد من انهيار الدورة الدموية وذلك بتعريض عينيى المصاب للضوء فإذا لم تتقلص دل على انهيار الدورة الدموية ويقوم بتحديد طبيعة الإصابة الأشخاص المدربين فى الإسعافات الأولية.

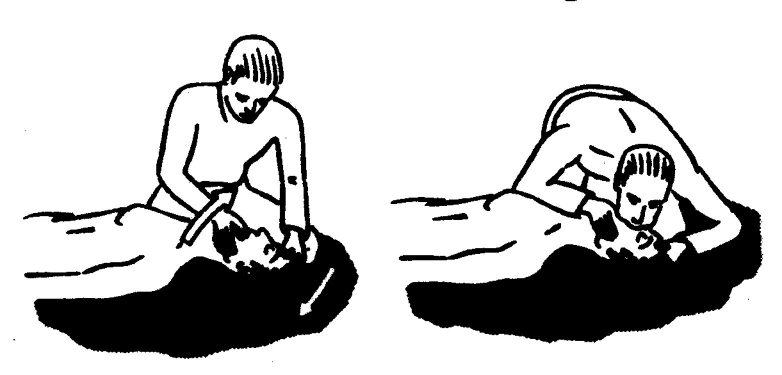
وهناك طريقتان لإجراء التنفس الصناعى للمصاب وهما كما يلى :

الطريقة الأولى : يقوم المنقذ بالضغط على صدر المصاب بكلتا راحتيه ليطرد هواء الزفير ثم يزيل الضغط ليتيح الفرصة لهواء الشهيق بالدخول، ويكرر ذلك بصفة دورية بمعدل 12:15 ضغطة فى الدقيقة مع مراعاة نزع ملابس المصاب التى تعوق تنفسه وفتح الفم والتأكد من عدم قيام اللسان بغلق الحلق.

الطريقة الثانية : تسمى بطريقة النفخ وتسمى أحياناً بقبلة الحياة ويقوم المنقذ بنفخ الهواء بفمه فى فم المصاب ويجب أن يكون رأس المصاب مائلة للخلف حتى لا يقوم اللسان بغلق الحلق.

وفى نفس الوقت يجب تدليك الصدر براحتى اليد ثم تحريره بمعدل 60:80 مرة فى الدقيقة، وبذلك تتقلص عضلة القلب ويندفع الدم فى الدورة الدموية.

والشكل (١-٦) يوضح الخطوات المتبعة لإجراء التنفس الصناعى بالنفخ.

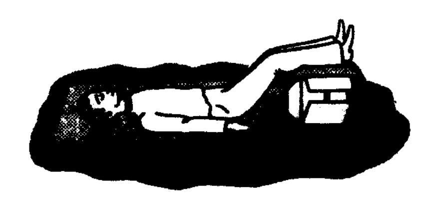


الشكل (١-٦)

ب- **صدمة كهربية:** إن المصاب بالصدمة الكهربية يكون نبضه سريع وضعيف، ويشعر المصاب ببرودة ويظهر العرق على جبهته وفى هذه الحالة يطرح المصاب على ظهره ويرفع قدميه لأعلى للسماح للدم بالعودة إلى الجسم.

والشكل (١-٧) يبين وضع الصدمة





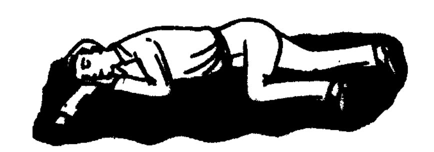
الشكل (١-٧)

جـ- التنفس والنبض طبيعى :

إذا كانت الدورة الدموية والجهاز التنفسى فى حالة جيدة، يوضع المريض على جانبه مع إمالة الرأس للخلف قليلاً مع وضع يده أسفل رأسه، وحماية المصاب من البرودة وذلك بتدفئته ببطانية ومنعه من شرب الماء.

والشكل (١-٨) يعرض وضعين مختلفين لمصاب الصدمة الكهربية والذى تنفسه ونبضه طبيعياً.





الشكل ١-٨

والجدير بالذكر أنه يجب فحص المصاب بواسطة الطبيب حتى ولو ظن المصاب أنه قد نجا وأنه خالٍ من أى إصابة لأنه فى بعض الأحيان لا تظهر أعراض الانهيارات الداخلية إلا بعد فترة من الزمن.

١ / ٦ - تعليمات السلامة للعمل فى الدوائر الكهربية

لقد وجد أن الغالبية العظمى من الأشخاص الذين يتعرضون للصدمة الكهربية نتيجة لعدم اتباعهم تعليمات السلامة لذلك يجب على كل مهندس كهرباء أو فنى كهرباء اتخاذ اللازم لحماية أنفسهم ورفقائهم من الصدمة الكهربية. ويمكن تلخيص تعليمات السلامة فيما يلى:

١- العزل ويتم ذلك بفصل التيار الكهربى عن الدوائر الكهربية التى سيتم التعامل معها وذلك بفصل القواطع أو المصهرات أو بوضع المفاتيح الكهربية الرئيسية على وضع OFF.

٢- التأكد من أن التيار الكهربى لن يتم وصله مرة أخرى بواسطة أحد الأشخاص، فبعد فصل التيار الكهربى يجب تعليق اللوحة المبينة بالشكل (١-٩) عند مكان المصهرات أو القواطع ويفضل غلق لوحة التوزيع بقفل، مفتاحه مع القائم بالإصلاح.

الشكل (١-٩)

٣- التأكد من عدم وجود جهد كهربى قبل البدء فى العمل، ويستخدم فى ذلك جهاز الآفوميتر ولا يستخدم مفك الاختبار لأن لمبة هذا المفك لن تضىء إلا عند مرور التيار الكهربى فيها، ففى حالة وقوف الشخص المختبر على أرضية عازلة فإن اللمبة لن تضىء عند وجود جهد كهربى.

٤- عمل قصر بين الأوجه الثلاثة مع الأرضى، ويتم ذلك بتوصيل الأرضى أولاً ثم توصل الأوجه الثلاثة بعد ذلك، ففى حالة وجود أى شحنة كهربية فإنها سوف تتسرب للأرض، ويجب استخدام موصلات لها مساحة مقطع مناسبة كى تتحمل تيار القصر الذى قد ينتج نتيجة للتوصيل الخاطىء للمفتاح الرئيسى أو القواطع أو المصهرات

٥- ارتداء الأحذية العازلة عند التعامل مع الدوائر الكهربية.

الباب الثاني

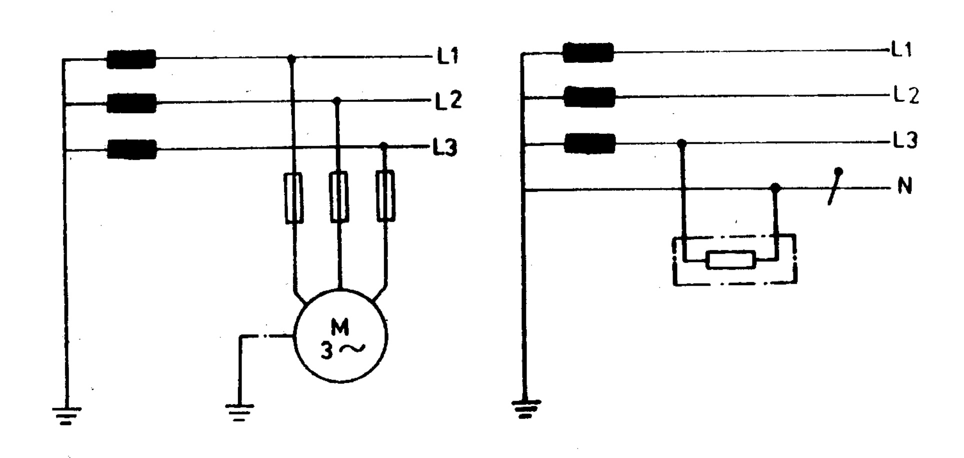
التأريض الوقائي

التأريض الوقائى

٢ / ١ - مقدمة

التأريض هو توصيل نقطة ما فى دائرة كهربية بالأرض، ويسمى ذلك بتأريض الخدمة Function earthing، أو توصيل جسم موصل غير حامل للتيار الكهربى بالأرض مثل : هيكل جهاز كهربى ويسمى ذلك بتأريض الوقاية Protection earthing . والأرضى هو عبارة عن موصل غير معزول مدفون بالأرض ويسمى بالقطب الأرضى .

والشكل (٢-١) يوضح الفرق بين تأريض الخدمة (الشكل أ)، وتأريض الوقاية (الشكل ب) .



الشكل (٢-١)

فيتضح من الشكل (أ) أنه تم توصيل نقطة النجما للمحول الكهربى بالأرضى من أجل الحصول على خط تعادل، وبالتالى يمكن الحصول على جهد وجه فإذا كان جهد الخط (الجهد بين وجه وآخر) 380V فإن جهد الوجه (الجهد بين وجه

والتعادل) يساوى 220V وهذا ضرورى لتشغيل الأحمال الأحادية الوجه. أما في الشكل (ب) فقد تم توصيل جسم المحرك بالأرضى، وذلك من أجل حماية الإنسان من الصدمة الكهربية عند ملامسته لهيكل المحرك أثناء حدوث انهيار داخلى لعزل المحرك، وسوف نتناول هذا الموضوع بالتفصيل في الباب الرابع.

ويتكون نظام التأريض الوقائى من قطب واحد أو عدة أقطاب أرضية وموصل أرضى Earthing Conductor ،وموصل وقاية Protection Conductor ، ومجموعة من الوصلات Bondings .ويعمل نظام التأريض الوقائى على :

- منع تشكل أى جهد على الوسط المحيط عند حدوث أى خطأ مثل: هياكل المعدات الغير حاملة للتيار الكهربى وذلك بالربط الكهربى لجميع هياكل الأجهزة والمعدات الكهربية الموصلة للتيار الكهربى مع نظام التأريض.
- يسمح بإمرار الشحنات الإستاتيكية التى تتشكل على هياكل المعدات والأجهزة الكهربية للأرضى.
- يمرر التيار اللازم لتشغيل أجهزة الحماية من زيادة التيار عند القصر.
- يعمل على تصريف الشحنات الكهربية للصواعق البرقية للأرضى.

والجدير بالذكر أن جهد الأرضى يساوى صفراً، لذلك يجب المحافظة على جهد جميع هياكل المعدات الغير حاملة للتيار الكهربى عند جهد الصفر لمنع تشكل فرق جهد بين هياكل هذه المعدات والأرضى أثناء تلف هذه المعدات وذلك من أجل حماية الإنسان من الصدمة الكهربية.

ويمكن اعتبار الأرض كموصل له مساحة مقطع كبيرة جداً وطول كبير جداً، ويمكن لها حمل أى تيار مهما كان شدته. وتعتمد المقاومة النوعية للأرض على عدة أمور مثل: نوعية التربة – الرطوبة – درجة الحرارة – الفصل من العام (شتاء – ربيع – خريف – صيف).

ولقد وجد بالتجربة أن زيادة طول قطب الأرضى له تأثير أكبر من زيادة قطر قطب الأرضى فى تقليل مقاومة الأرضى حتى لو تساوت المساحة السطحية فى

الحالتين ، وتتكون مقاومة الأرضى كما هو مبين بالشكل (٢-٢) من:

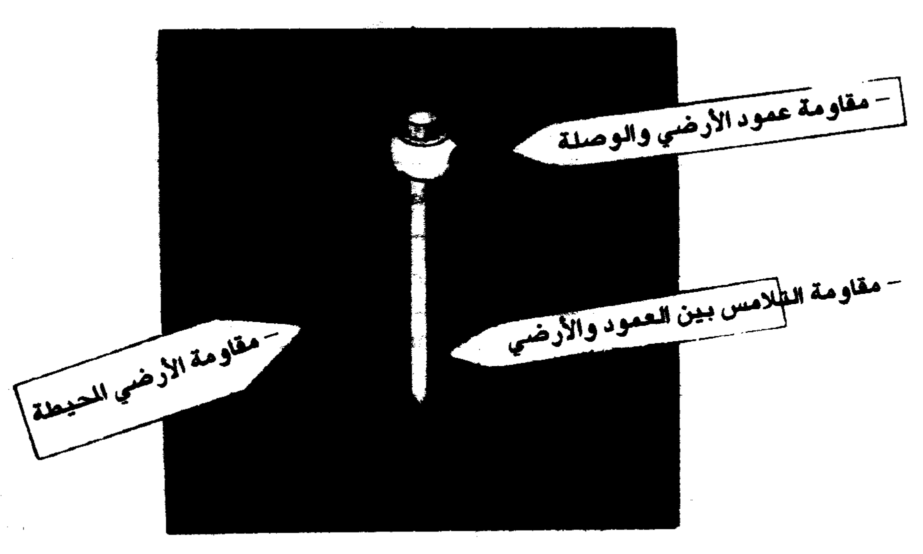
- مقاومة عمود الأرضى ومقاومة الوصلة مع عمود الأرضى.

- مقاومة التلامس بين عمود الأرضى والتربة.

- مقاومة الأرض المحيطة.

ومقاومة عمود الأرضى (قطب الأرضى) ليست كبيرة بل يمكن اعتبارها مهملة.

وعندما يكون عمود الأرضى غير مغطى بطبقة عازلة ويوجد تلامس جيد بين الأرضى وعمود الأرضى فإن مقاومة التلامس بين عمود الأرضى والتربة تكون صغيرة هى الأخرى، أى أن مقاومة الأرضى تكمن فى مقاومة الأرض المحيطة بعمود الأرضى.



الشكل ٢-١

ويمكن اعتبارها مجموعة من القشرات المحيطة بالقطب الأرضى، فكلما ازدادت المساحة السطحية للقشرة قلت مقاومتها أى أن مقاومة الأرض تكون غير خطية بمعنى أنها تكون صغيرة بالقرب من القطب الأرضى، وتزداد كلما ابتعدنا عن القطب الأرضى.

٢ / ٢- أنواع الأقطاب الأرضية

يمكن تقسيم الأقطاب الأرضية إلى :

١ - **أقطاب أرضية طبيعية** وهى تتمثل فى أجزاء معدنية مدفونة طبيعياً فى الأرض مثل : أنابيب الماء والغاز المعدنية والهياكل المعدنية للمبانى والأعمدة الحديدية والأعمدة الخرسانية التى تحتوى على حديد مسلح وطبقة التدريع للكابلات. والجدير بالذكر أنه لا ينصح باستخدام مواسير الماء والغاز كقطب أرضى، ولكن يمكن توصيلهما مع نظام معادلة الجهد Equipotential System والذى سوف نتناوله فى الفقرة (٤ / ٩).

٢ - **أقطاب أرضية صناعية** وهى تعد من قبل المختصين ويوجد منها عدة أشكال. والجدول (٢-١) يبين الأنواع المختلفة من الأقطاب الأرضية الصناعية والحد الأدنى لأقطارها.

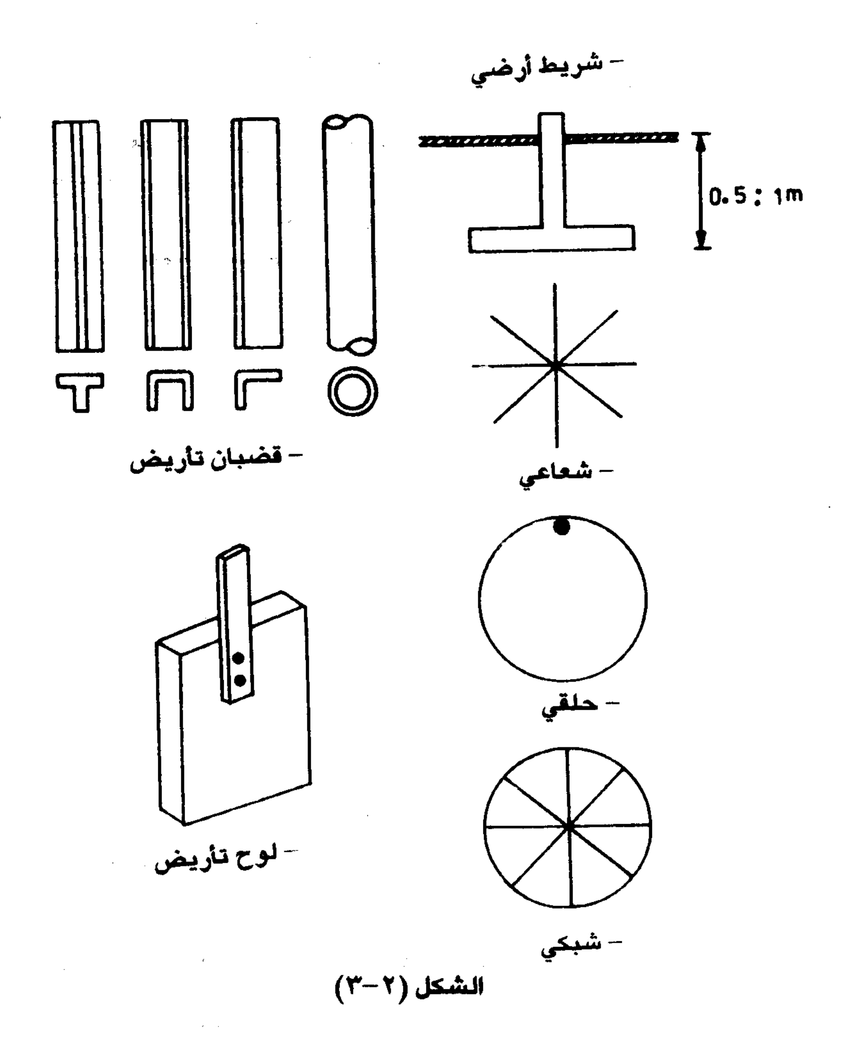
الجدول (٢ - ١)

المعدن المصنوع منه القطب الأرضي			شكل القطب
نحاس	صلب مطلى بالنحاس	صلب مجلفن على الساخن	
- مساحة مقطعة 5o mm² وسمكه 2mm - مساحة مقطعة 35mm² مجدول من أسلاك غير دقيقة.	- مساحة مقطعة 50mm²	- مساحة مقطعة 100mm² وسمكه الادنى 2mm وأبعاده المفضلة (4x30mm) أو (5X40mm).	شريط (شعاعى - حلقى - شبكى) حبل
- ماسورة من النحاس قطرها الخارجى 30mm وسمكها 3mm.		- ماسورة مقاسها بوصة أو 2 بوصة	ماسورة
- عمود قطره 15mm أو 20mm	- عمود من الصلب قطره 15mm وعليه طبقة من النحاس سمكها 2.5mm	- عمود قطره 16mm	عمود

تابع الجدول (٢ - ١)

المعدن المصنوع منه القطب الأرضي			شكل القطب
نحـــاس	صلب مطلى بالنحاس	صلب مجلفن على الساخن	
		- كـمـرة على شكل L أبـعـــــــادهـا 65X65X7mm - كـمـرة على شكل U مقاس St6.5أى سـمـكهـا 6.5mm - كـمـرة على شكل T مقاس T6 أى سـمـكهـا 6mm	
1.5 X600 X600 mm 1.5 X 900X900mm			
3X600X600 3X900X900		3X 600X600 3X900X900	

والشكل (٢-٣) يبين الأشكال المختلفة للأقطاب الأرضية الصناعية.

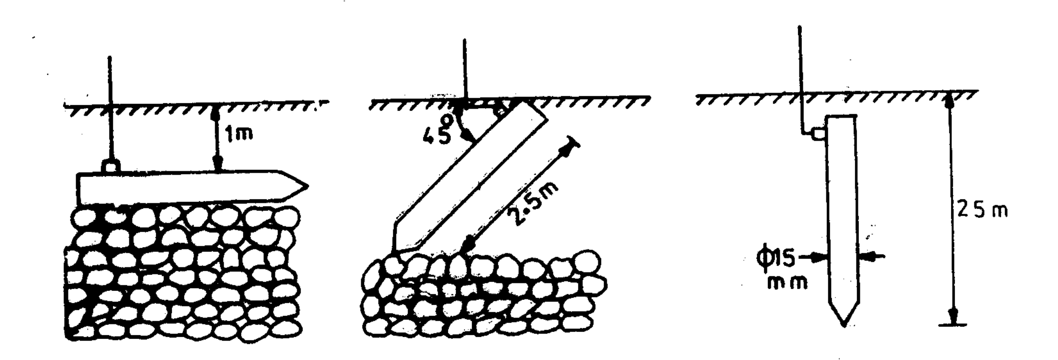


الشكل (٢-٣)

٢ / ٢ / ١- القضبان الأرضية Earth rods

تعد القضبان الأرضية أرخص أنواع الأقطاب التى يتم غرسها فى الأرض إما بصورة رأسيه إذا كانت الأرض لينة، أو بصورة مائلة إذا تعذر غرسها بصورة عمودية نتيجة لاعتراض طبقة صخرية مسار القطب بشرط ألا تقل زاوية ميل العمود عن45^0 مع مستوى الأرض، أو يوضع القضيب أفقياً على عمق 1m .

والشكل (٢-٤) يوضح الطرق المختلفة لغرس القضبان الأرضية.



الشكل ٢-٤

ويتم غرس القضبان الأرضية فى الأرض إما بالحفر ثم الردم أو بالدق اليدوى أو بالدق بالمطارق الكهربية أو الهوائية أو الهيدروليكية.

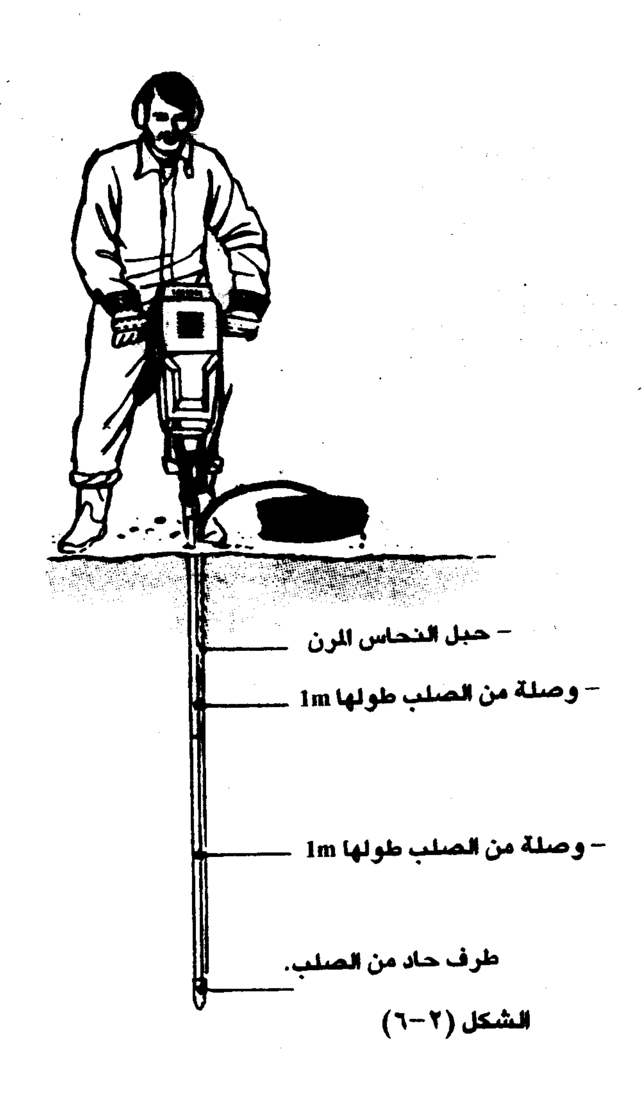
ويكون طول القضبان الأرضية أكبر من 1m وأقل عادة من2.5m ، وتتميز القضبان الأرضية المتوفرة فى الأسواق بأنها قابلة الاستطالة بتجميع عدة وصلات مع بعضها حيث تكون مزودة بجلب توصيل خارجية كما هو مبين بالشكل (٢-٥).

- مسمار
- قضيب
- جاويط
- قضيب
- الحربة

الشكل ٢-٥

وتعتبر القضبان الأرضية المصنوعة من النحاس أفضل القضبان الأرضية، ولكنها ليست متينة بالقدر الكافى لغرسها فى الأرض على أعماق كبيرة بالطرق التقليدية، ولذلك تعتبر قضبان الصلب المطلّية بالنحاس هى الأفضل فى مثل هذه الظروف، حيث يمكن غرسها لأعماق تصل إلى 30m فى التربة الرملية.

والجدير بالذكر أنه أمكن التغلب على مشكلة المتانة الميكانيكية للقضبان النحاسية باستخدام الجهاز المبين بالشكل (٢-٦)، حيث يتم شبك قضيب النحاس المرن مع مقدمة دقاق هوائى، وبالتالى يمكن غرسه على أى عمق علماً بأن هذا الجهاز من صناعة شركة Elpress.



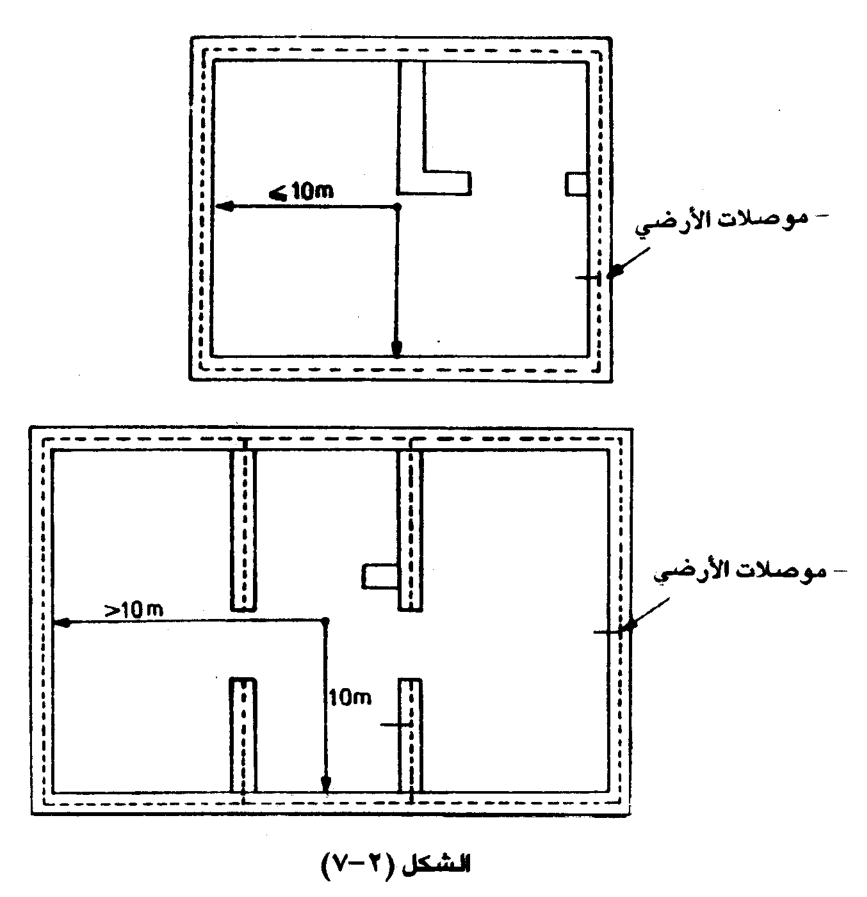
الشكل (٢-٦)

٢ / ٢ / ٢ -الشرائط الأرضية المدفونة فى الأساس

لقد أسفرت نتائج التجارب المجراة فى ألمانيا على أن أفضل النتائج يمكن الحصول عليها من دفن شريط من الصلب أو حبل من الصلب فى الأساس على شكل مسار مغلق حيث تكون أبعاد الشريط 30X3.2mm أو 25X4mm ، ويكون قطر حبل الصلب المجلفن على الساخن لا يقل عن 10mm . ويجب ألا تبعد جوانب الأساس عن مركز الأساس عن 10m .

وفى حالة زيادة هذه المسافة عن 10m يجب إمرار شريط أرضى أو حبل الصلب فى الجدران الداخلية.

والشكل (٢-٧) يبين طريقة تمديد شريط الصلب فى أساس المنشأة. فالشكل (أ) يوضح أنه لا حاجة من إمرار شريط فى الجدران الداخلية للأساس لأن المسافة بين مركز الأساس والجدران أقل من 10m، أما الشكل (ب) فيوضح أنه يجب إمرار شريط أرضى فى الجدران الداخلية لأن المسافة بين مركز الأساس والجدران الخارجية للأساس أكبر من 10m.



الشكل (٢-٧)

وعادة تستخدم ركائز توجيه spacer لتمديد شريط الأرضى

الشكل (٢ – ٨) يوضح طريقه تمديد الشريط الأرضى فى الأساس.

ويمكن تعيين مقاومة القطب الأرضى المدفون بالأساس بالمعادلة 2-1

$$R = \frac{0.2\rho}{\sqrt[3]{I}} \quad \Omega \qquad \rightarrow 2.1$$

حيث إن : ρ المقاومة النوعية للتربة $(\Omega \, . \, m)$

L طول الشريط (m)

I حجم الأساس المحيط بالقطب الأرضى (m^3)

– خرسانة

– شريط الأرضي

approx 4cm

spacer

– ركائز توجيه

– ركيزة توجيه

– شريط الأرضي

الشكل (٢–٨)

٢ / ٣ – حساب مقاومة الأرضى

تعتمد مقاومة الأرضى على المقاومة النوعية للتربة ρ $(\Omega \, . \, m)$ وكذلك على شكل وأبعاد القطب الأرضى.

أما بخصوص المقاومة النوعية للتربة فتعتمد على عدة عوامل مثل :

١– نوع التربة.

٢– رطوبة التربة.

٣– المقاومة النوعية للسوائل الموجودة بالتربة.

٤– حرارة التربة.

والجدول (٢-٢) يبين القيمة المتوسطة للمقاومات النوعية لترب مختلفة .

الجدول (٢-٢)

نوع التربة	المقاومة النوعية Ω . m
أرض مستنقعات	30
تربة جيرية أو طينية	100
رمل رطب	200
حصى رطب	500
رمل أو حصى جاف	1000
تربة حجرية	3000

وسوف نتناول فى الفقرات التالية عدة أنواع من الأقطاب الأرضية والمعادلة المستخدمة لتعيين مقاومة الأرضى مع كل نوع .

٢ / ٣ / ١ - قضيب واحد مثبت عمودياً

ويكون هذا القضيب إما ماسورة أو عامود .

والشكل ٢-٩ يبين طريقة غرس قضيب أرضى عمودياً .

والمعادلة 2.2 هى المعادلة التقريبية لتعيين مقاومة القضيب الأرضى المثبت عمودياً .

$$R= \frac{\rho}{L} \ (\Omega) \rightarrow 2.2$$

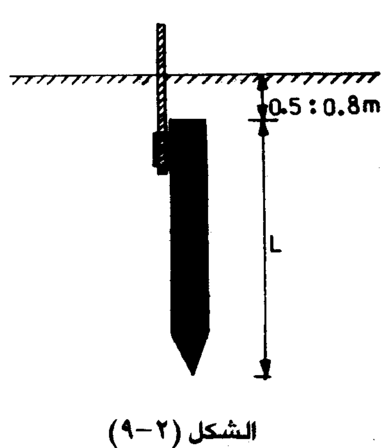
حيث إن :

المقاومة النوعية للتربة ρ (Ω.m)

طول القضيب المدفون بالأرض L (m)

فإذا كانت المقاومة النوعية للتربة (50Ω.m)

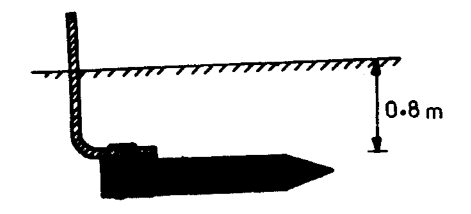
وطول قضيب الأرضى (2.5m) ،فإن مقاومة



الشكل (٢-٩)

الأرضى تساوى:

$$R = \frac{50}{2.2} = 20\ \Omega$$



الشكل (٢-١٠)

٢ / ٣ / ٢ -قضيب واحد مثبت أفقياً

ويكون على شكل قضيب له مقطع دائرى نصف قطره d ، وطوله L ، أو على شكل شريط من الصلب بسمك أكبر من3mm ونصف عرضه d وطوله L ومدفون على عمق 80Cm. والشكل (٢-١٠) يبين طريقة وضع قضيب أرضى أفقياً. والمعادلة 2.3 هى المعادلة التقريبية لتعيين مقاومة القضيب الأرضى الموضوع أفقياً على عمق 80Cm.

$$R = \frac{2\rho}{L}\ (\Omega) \rightarrow 2.2$$

حيث إن :

المقاومة النوعية للتربة	$\Omega.m$	ρ
طول العمود	(m)	L

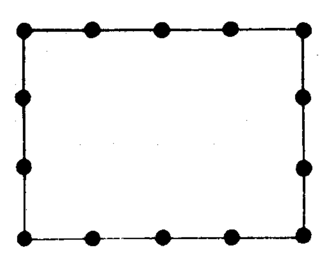
فإذا كانت المقاومة النوعية للتربة (50Ω.m) وطول العمود (4m) ، فإن مقاومة الأرضى تساوى :

$$R = \frac{2X\ 50}{4} = 25\ \Omega$$

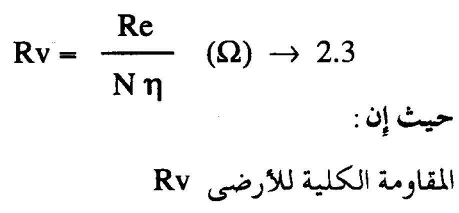
٢ / ٣ / ٣- الشبكات الأرضية

تتكون الشبكة الأرضية من مجموعة من القضبان الرأسية المتصلة فيما بينها بشريط أفقى كما هو مبين بالشكل (٢-١١) وحتى يمكن تعيين مقاومة الشبكة الأرضية يلزم هذا تعيين مقاومة القضبان العمودية بمفردها وكذلك تعيين مقاومة الشريط الأفقى.

والشكل (٢-١٢) يبين طريقة تثبيت عدة قضبان عمودياً وموصلة على التوازى والمعادلة 2.3 هى المعادلة التقريبية لتعيين مقاومة الأرضى المؤلف من شبكة أرضية .



الشكل (٢-١١)



$$Rv = \frac{Re}{N\eta} \ (\Omega) \rightarrow 2.3$$

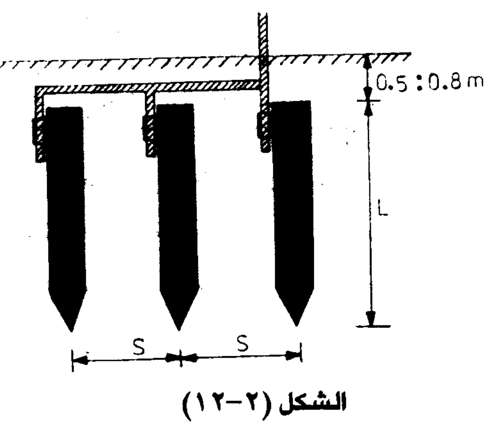
حيث إن :

المقاومة الكلية للأرضى Rv

مقاومة العمود الواحد Re

معامل الاستخدام η

عدد الأقطاب N



الشكل (٢-١٢)

والجدول (٢-٣) يبين قيمة معامل الاستخدام η المعتمدة على عدد الأعمدة المرتبة فى صف واحد N وكذلك النسبة S/L .

الجدول (٢-٣)

η	N	S/L	η	N	S/L	η	N	S/L
0.93 : 0.95	2	3	0.93 : 0.95	2	2	0.8 : 0.87	2	1
0.9 : 0.92	3		0.9 : 0.92	3		0.76: 0.8	3	
0.85:0.88	5		0.85:0.88	5		0.67: 0.72	5	
0.79:0.83	10		0.79:0.83	10		0.56: 0.62	10	
0.74: 0.79	20		0.74: 0.79	20		0.5 : 0.47	20	

والجدول (٢-٤) يبين قيمة معامل الاستخدام η والمعتمدة على عدد الأعمدة

المرتبة فى مسار مغلق N وكذلك النسبة S/L.

الجدول (٢-٤)

η	N	S/L	η	N	S/L	η	N	S/L
0.84 : 0.86	4	3	0.76:0.8	4	2	0.66: 0.72	4	1
0.78: 0.82	6		0.71:0.75	6		0.58:0.65	6	
0.74: 0.78	10		0.66:0.71	10		0.52:0.58	10	
0.68: 0.72	20		0.61:0.66	20		0.44:0.5	20	
0.64: 0.69	40		0.55:0.61	40		0.38:0.44	40	
0.62: 0.67	60		0.52: 0.58	60		0.36:0.42	60	

والجدول (٢-٥) يبين قيمة معامل الاستخدام للشرائط الأفقية التى تصل بين القضبان الأرضية العمودية المرتبة فى صف والتى تعتمد على نسبة S/L ،وكذلك عدد القضبان الرأسية N.

الجدول (٢-٥)

N							**S/L**
50	**30**	**20**	**10**	**8**	**5**	**4**	
0.21	0.31	0.42	0.62	0.67	0.74	0.47	1
0.31	0.46	0.56	0.75	0.79	0.86	0.89	2
0.49	0.58	0.68	0.82	0.85	0.9	0.92	3

والمعادلة التقريبية 2.4 تعطى قيمة مقاومة الشريط الأفقى الذى يصل بين مجموعة من القضبان العمودية

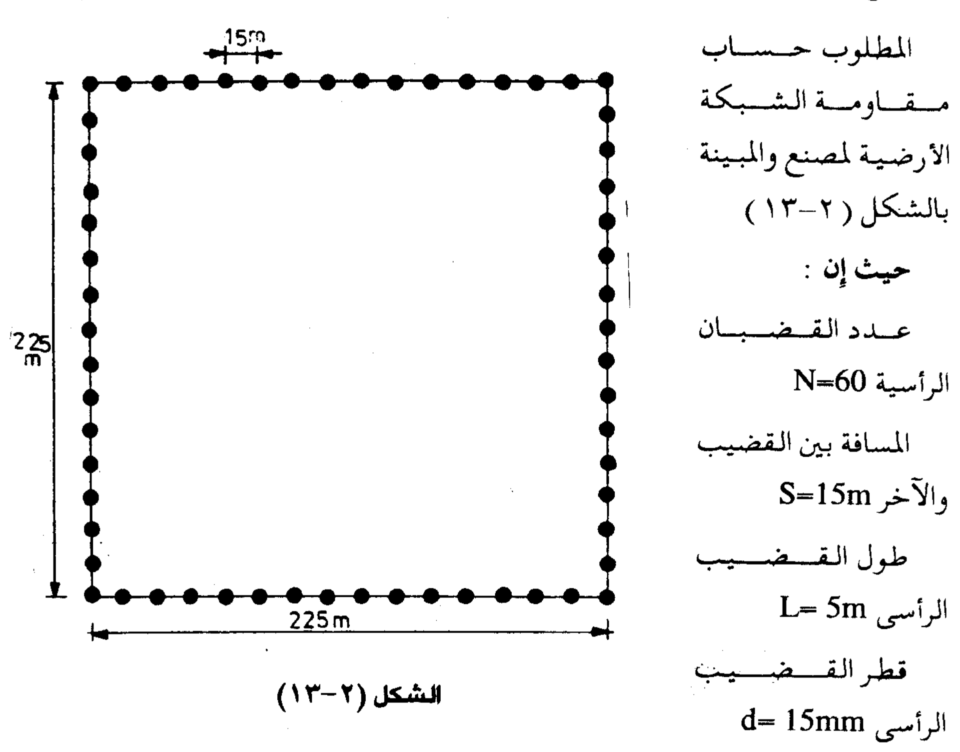
$$Rh = \frac{2\rho}{\eta L} \quad (\Omega) \rightarrow \quad 2.4$$

أما المعادلة التقريبية 2.5 فتعطى قيمة المقاومة المحصلة للشبكة الأرضية Rt

$$Rt = \frac{Rh\ Rv}{Rh + Rv} \quad (\Omega) \rightarrow 2.5$$

مثال :

المطلوب حساب مقاومة الشبكة الأرضية لمصنع والمبينة بالشكل (٢-١٣)



الشكل (٢-١٣)

حيث إن :

عدد القضبان الرأسية N=60

المسافة بين القضيب والآخر S=15m

طول القضيب الرأسى L= 5m

قطر القضيب الرأسى d= 15mm

أبعاد الشريط الأفقى 4X40mm

المقاومة النوعية للتربة $\rho = 1000\ \Omega.m$

الإجابة :

مقاومة القضيب الواحد

$$Re = \frac{\rho}{L} = \frac{1000}{5} = 200\ \Omega$$

المقاومة الكلية للقضبان الرأسية تعين من المعادلة التالية :

$$Rv = \frac{Re}{N\eta}$$

وحيث إن :

$$N = 60 \quad , \quad \frac{S}{L} = \frac{15}{5} = 3$$

فإن معامل الاستخدام η يمكن تعيينه من الجدول (٢-٤) وهو يساوى (0.62:0.67) ويمكن اعتبارها 0.65 وبالتالى فإن

$$Rv = \frac{200}{0.65 \text{ X} 60} \quad 5\Omega$$

وبالنسبة للشريط الأفقى الذى يصل بين 60 عموداً رأسيًا فيمكن تعيين مقاومة الشريط الأفقى من المعادلة التالية :

$$Rh = \frac{2\rho}{L\eta}$$

وحيث إن :

$$N = 60 \quad , \frac{S}{L} = 3$$

فإن معامل استخدام الشريط الأفقى يمكن تعينه من الجدول (٢-٥) وتساوى تقريباً 0.49

أى أن :

$$Rh = \frac{2\text{X } 1000}{0.49 \text{ X } 900} = 4.5 \ \Omega$$

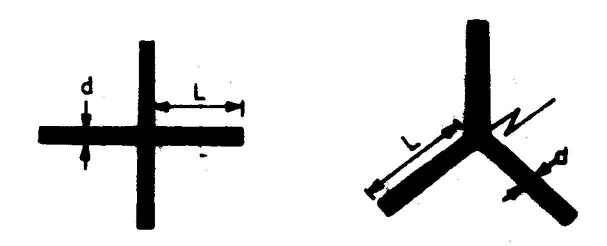
وبالتالى تصبح المقاومة الكلية مساوية

$$Rt = \frac{Rv\ Rh}{Rv + Rh}$$

$$= \frac{5 \text{ X } 4.5}{5+4.5} = 2.36 \ \Omega$$

٢ / ٣ / ٤ الأقطاب الأرضية الشعاعية

الشكل (٢-١٤) يبين شكل قطب أرضى شعاعى بثلاث أشعة (الشكل أ) وبأربع أشعة (الشكل ب) .



الشكل (٢-١٤)

وتستخدم الأقطاب الأرضية الشعاعية فى تأريض خطوط نقل الطاقة الكهربية وتأريض بعض المنشآت والمبانى وهى تدفن على عمق (0.3:0.8m) وتحسب مقاومة القطب الأرضى الشعاعى من المعادلة التقريبية 2.6.

$$R = \frac{2\rho}{L.N.\eta} \rightarrow 2.6$$

حيث إن :

مقاومة الأرضى الشعاعى	Ω	R
المقاومة النوعية للتربة	$\Omega.m$	ρ
طول الشعاع الواحد	m	L
عدد الأشعة		N
معامل الإستخدام		η

ويعين معامل الاستخدام η بدلالة طول الشعاع L وقطر الشعاع d وعدد الأشعة N من الجدول (٢-٦).

الجدول (٢-٦)

عدد الأشعة N	طول الشعاع L m / قطر الشعاع d(mm)	2.5	5	10	15	30
3	10	0.76	0.78	0.81	0.82	0.84
	20	0.74	0.76	0.79	0.8	0.82
4	30	0.63	0.67	0.7	0.72	0.75
	40	0.61	0.65	0.69	0.7	0.73

مثال :

قطب أرضى على شكل شعاع رباعى طوله L = 10 m، وأبعاد الشريط المصنع منه الشعاع 5 x400 mm، ومقاومة التربة النوعية ρ = 100 Ω .m فما هى مقاومة الأرضى؟

الإجابة :

$$R = \frac{2\rho}{LN\eta}$$

من الجدول (٢-٦) فإن معامل الاستخدام η عندما يكون L = 10 m, d = 40mm, N = 4 هى 0.69

أى أن :

$$R = \frac{2 \times 100}{10 \times 4 \times 0.69} = 7.2\Omega$$

٢ / ٣ / ٥- الألواح الأرضية

يندر استخدام الألواح المعدنية كأقطاب أرضية لأنها تحتاج لمجهود شاق لدفنها فى الأرض، فهى توضع عمودية فى الأرض على حدها (حرفها) ، وذلك من أجل الوصول لمساحة تلامس جيدة للوح مع التربة، ويمكن حساب مقاومة الأرضى ذات

اللوح المعدنى من المعادلة التقريبية 2.7 .

$$R = \frac{\rho}{4\sqrt{Lw}} \quad (\Omega) \quad \rightarrow \quad 2.7$$

حيث إن :

المقاومة النوعية Ω.m	p
طول اللوح m	L
عرض اللوح m	w

مثال :

قطب أرضى على شكل لوح أبعـاده (1.5 X 600 X 600 mm) مصنوع من النحاس ومدفون فى تربة مقاومتها النوعية 100Ω.m . فما هى مقاومة الأرضى .

الإجابة :

حيث أن :

$\rho = 100\ \Omega.m$

$W = L = 600\ mm$

$W = L = 0.6\ m$

لذلك فإن :

$$R = \frac{\rho}{4\sqrt{Lw}} = \frac{100}{4\sqrt{0.6X0.6}} = 4.16\ \Omega$$

٢ / ٤ – الطرق المتبعة لتقليل مقاومة الأرضى

يمكن تقليل مقاومة الأرضى بعدة طرق أهمها :

١ – زيادة عدد قضبان التأريض .

٢ – زيادة طول قضبان التأريض .

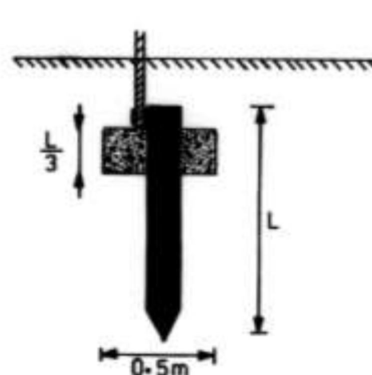
٣ – معالجة التربة .

وعادة نلجأ لمعالجة التربة إذا لم تنجح الطريقة الأولى والثانية فى الوصول لمقاومة الأرضى المطلوبة . وأكثر طرق معالجة التربة الطريقة المبينة بالشكل (٢–١٥) .

حيث يحفر حفرة بجوار القطب الأرضى وعلى بعد 10Cm منه تقريباً، وبعمق 30Cm، وبعرض 20Cm، ثم تغمر هذه الحفرة بالماء، ثم يوضع كبريتات الماغنسيوم أو كلوريد الصوديوم (ملح الطعام) أو الكربون أو الفحم أو إضافة برادة الحديد فى هذه الحفرة، وتغطى هذه الحفرة بشبكة معدنية، ويجب إجراء تفتيش دورى على هذه الحفرة للتأكد من عدم تسرب المادة المعالجة فى التربة، كما يجب إجراء قياس لمقاومة الأرضى من حين لآخر للتأكد من أن مقاومة الأرضى لم تتجاوز القيمة المسموح بها، وسوف نتناول طرق قياس مقاومة الأرض فى الفقرة (١٠ / ٢).

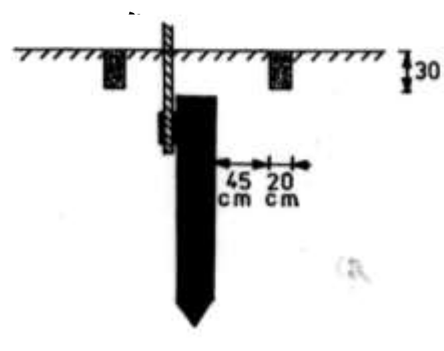
الشكل (٢-١٥)

والشكل (٢-١٦) يبين طريقة أخرى لمعالجة التربة حيث يوضع ملح الطعام حول قضيب الأرضى بالطريقة المبينة بالشكل. ويضاف الملح فى طبقات طولها 1Cm، ويضاف الماء لهذه الطبقات بمعدل (1:1.5 لتر) لكل كيلو جرام من الملح، وعادة نحتاج إلى 30:40kg ملح حول القضيب الواحد.



الشكل (٢-١٦)

والشكل (٢-١٧) يبين طريقة أخرى لمعالجة التربة حيث يوضع ملح الطعام حول خندق دائرى حول القضيب بعمق 30Cm ، وبعرض 20Cm ، وعلى بعد 45Cm من القضيب. ويوضع فيه المادة المعالجة (ملح الطعام) ويضاف الماء بمعدل (1:1.5) لتر ماء لكل كجم من ملح الطعام.



الشكل (٢-١٧)

٢ / ٥ – موصلات الأرضى Earthing Condnctors

تقوم هذه الموصلات بتوصيل القطب الأرضى بلوحة الدخول للمنشأة. والجدول (٢ – ٧) يبين الأبعاد الصغرى لموصل الأرضى والذى يصنع من شريط من النحاس أو الصلب أو حبل من النحاس أو الصلب.

(الجدول ٢ – ٧)

موصل الأرضى	بحماية ميكانيكية	بدون حماية ميكانيكية
بحماية ضد الصدأ والتـــآكل بواسطة غلاف واقٍ.	نفس مساحة مقطع خط الحماية	– شريط أو حبل من النحاس مساحة مقطعه $16mm^2$. – شريط أو حبل من الصلب مساحة مقطعه $16mm^2$.
بدرجة حماية ضد الصدأ والتآكل.	– شريط من النحاس مساحة مقطعه $25\ mm^2$. – شريط من الصلب المجلفن على الساخن مساحة مقطعه $50\ mm^2$.	

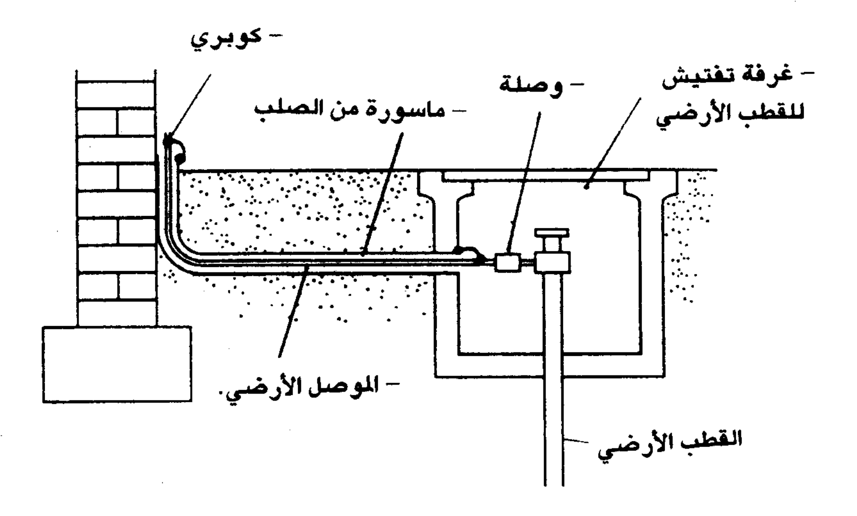
والشكل (٢ – ١٨) يبين طريقة تمديد الموصل الأرضى عند استخدام قطب أرضى على شكل شريط من الصلب المجلفن على الساخن والمدفون فى الخرسانة والذى أبعاده 25 x 4 mm أو 30 x 3.5 mm.

والجـــديـر بالذكـــر أنه يجب تمديد الموصلات الأرضية فى موقع مرئى، ويجب حمايتها من كافة العوامل الميكانيكية والكيميائية، وذلك عند التمديد فوق الأرض، ويجب دهان الأجزاء الموضوعة فوق الأرض وتحتها مباشرة بدهانات لمنع

الجدول (٢ – ١٨)

الصدأ؛ وذلك لأن هذه الأجزاء هي المعرضة للصدأ. وأحياناً يتم تغطية هذه الأجزاء بالبلاستيك، وعادة يتم إمرار موصلات الأرضى داخل أنابيب من البلاستيك أو الصلب لحمايتها من الصدأ والتآكل خصوصاً للموصلات التى مساحة مقطعها $16mm^2$ أو أصغر.

والجدير بالذكر أنه عند تمديد موصل أرضى داخل أحد القنوات المعدنية وعند مرور تيار كهربى فى موصل الأرض أثناء حدوث خطأ يتولد قوة دافعة كهربية بالحث فى معدن هذه القنوات المعدنية، فترتفع درجة حرارتها بالحد الذى يؤدى إلى انصهار الموصل الأرضى، لذلك يجب توصيل المجارى المعدنية من كلا جانبيها بالموصل الأرضى بالطريقة المبينة بالشكل (٢ - ١٩).

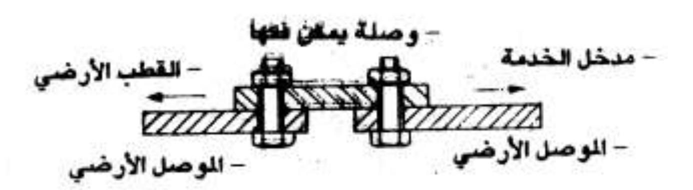


الشكل (٢ - ١٩)

ويستثنى من ذلك المجارى الغير معدنية وبخصوص الوصلة المستخدمة فى توصيل القطب الأرضى مع الموصل الأرضى يجب أن تكون مصنوعة من نفس معدن الموصل الأرضى والقطب الأرضى، فإذا كان الموصل الأرضى والقطب الأرضى من النحاس يجب استخدام وصلة من النحاس، أما إذا كان معدن القطب الأرضى يختلف عن معدن الموصل الأرضى تستخدم وصلة ثنائية وهذه الوصلة تصنع من معدنين

أحدهما يشبه معدن القطب الارضى، والآخر يشبه معدن الموصل الارضى، وبالتالى فإن أسرع جزء يحدث له تحلل كهربى هو هذه الوصلة؛ لذلك توضع هذه الوصلات داخل غرفة تفتيش حتى يسهل الوصول إليها وتغييرها إذا لزم الأمر.

وعادة توضع وصلة ثابتة فى مسار الموصل الأرضى يمكن فكها لاغراض قياس مقاومة شبكة التاريض كما هو مبين بالشكل (٢ - ٢٠).



الشكل (٢ - ٢٠)

٢ / ٦ - موصلات الوقاية (PE) Protection Conductors

وهى تكون معزولة بلون أصفر أخضر، أو تكون موصلات من النحاس العارى. والجدول (٢ - ٨) يبين مساحة مقطع موصلات الوقاية بدلالة مساحة مقطع الأوجه، فإذا كان موصل الوقاية يستخدم لعدة دوائر تستخدم أكبر مساحة مقطع خاصة بأوجه هذه الدوائر.

الجدول (٢ - ٨)

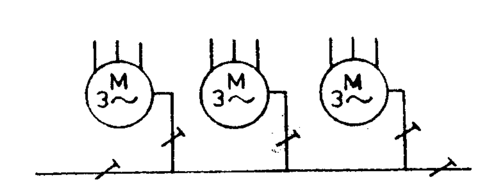
مساحة مقطع الأوجه mm^2	0.5	0.75	1	1.5	2.5	4	6	10	16	25
مساحة مقطع موصل الوقاية المعزول mm^2	0.5	0.75	1	1.5	2.5	4	6	10	16	16
مساحة مقطع موصل الوقاية العارى والمحمى mm^2				1.5	1.5	2.5	4	6	10	16
مساحة مقطع موصل الوقاية العارى غير المحمى mm^2				4	4	4	4	6	10	16
مساحة مقطع الأوجه mm^2	35	50	70	90	120	150	185	240	300	400
مساحة مقطع موصل الوقاية المعزول mm^2	16	25	35	50	70	70	95	120	150	185
مساحة مقطع موصل الوقاية العارى والمحمى mm^2	16	25	35	50	50	50	50	50	50	50
مساحة مقطع موصل الوقاية العارى وغير المحمى mm^2	16	25	35	50	50	50	50	50	50	50

وهناك عدة ملاحظات يجب مراعاتها مع موصلات الوقاية وهى كما يلى:

١ - يجب أن يمدد موصل الوقاية بكامل طوله بنفس عناية تمديد موصلات الأوجه المختلفة، ويمدد مع الأوجه المختلفة داخل ما سورة واحدة أو مجرى واحد، ويكون لون عزله أصفر أخضر.

٢ - لا يجوز تأمين موصل الوقاية بمصهر حماية، ولا يجوز أن يكون قابل للفصل عن الدائرة.

٣ - يتم توصيل موصل الوقاية الرئيسى مع موصلات الوقاية الفرعية بعناية فائقة سواء باللحام أو بواسطة الرباط بوصلة مقلوظة آمنة.



٤ - يحظر توصيل موصل الوقاية مع القطب الأرضى بطريقة مباشرة دون التوصيل بالموصل الأرضى.

٥ - يجب أن يكون لكل جهاز موصل وقاية خاص به متفرع من موصل الوقاية الرئيسى، ويمنع توصيل الهياكل المعدنية المطلوب تأريضها بالتسلسل بواسطة موصل الوقاية.

الجدول (٢ - ٢١)

والشكل (٢ - ٢١) يبين طريقة التوصيل الصحيحة للأجهزة مع موصل الوقاية الرئيسى (الشكل أ) وطريقة التوصيل الخاطئة للأجهزة مع موصل الوقاية الرئيسى (الشكل ب).

٦ - يتم ربط موصلات الوقاية الفرعية مع التجهيزات المطلوب تأريضها بواسطة البراغى المعدة لذلك لتسهيل الفك عند اللزوم.

٢ / ٧ - قياس المقاومة النوعية للتربة

يمكن قياس المقاومة النوعية للتربة باستخدام جهاز قياس مقاومة العزل بالطريقة المبينة بالشكل (٢ - ٢٢).

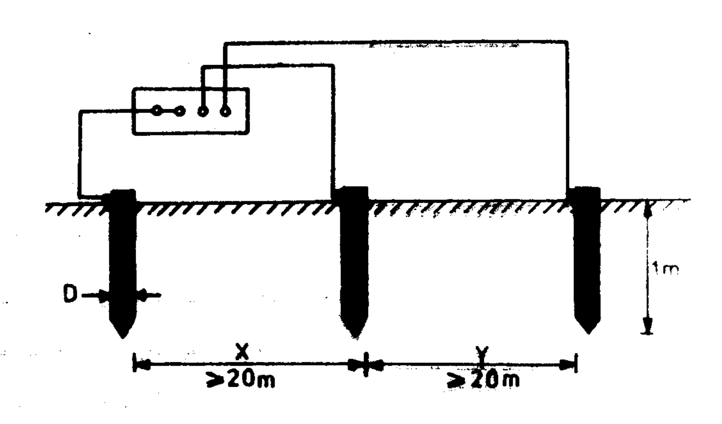
حيث إن :

المسافة بين القطب الرئيسي والجس (m) X

المسافة بين القطب الإضافي والجس (m) y

طول قضيب الأرضى (m) L

قطر القطب الرئيسى بالبوصة (m) D



الشكل (٢ – ٢٢)

حيث إن قيم الأبعاد الموضحة في الشكل السابق مبينة بالجدول (٢ – ٩) .

الجدول (٢ – ٩)

L (m)	X (m)	y (m)
≤ 4	20	20
≥ 4	15	40

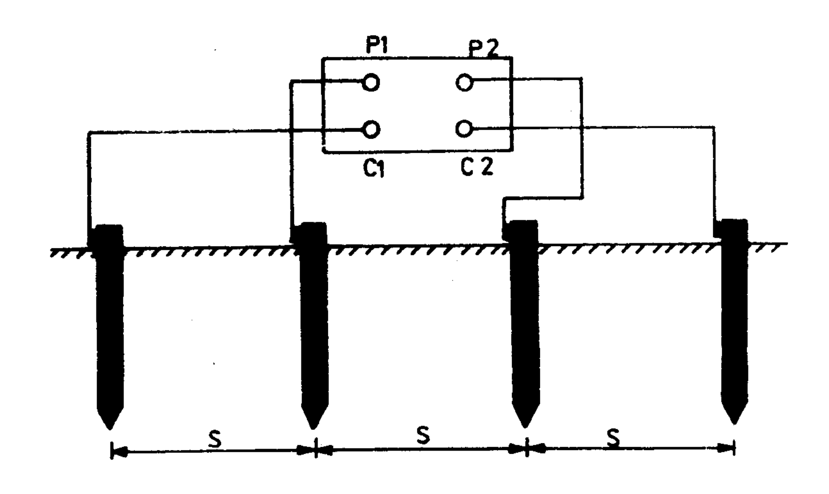
ونحصل على المقاومة النوعية للتربة ρ (Ω. m) بضرب قيمة قراءة الجهاز والتى تمثل مقاومة الأرضى بالمعامل K، والذى يعتمد على الأبعاد الهندسية للقطب الأرضى.

والجدول (٢– ١٠) يبين قيمة المعامل K حسب أبعاد القطب الرئيسى.

الجدول (٢ - ١٠)

D (بوصة) / L (متر)	1/2	3/4	1	$1\frac{1}{4}$	1 1/2	2
1	1.2	1.25	1.31	1.33	1.42	1.5
1.5	1.67	1.74	1.82	1.9	1.95	2.05
2	2.19	2.2	2.29	2.4	2.4	2.57

والشكل (٢-٢٣) يبين طريقة تحديد طول قطب الأرضي المناسب تبعًا للمقاومة النوعية للتربة باستخدام جهاز قياس العزل I_R ذى النقاط الأربعة والمصنع بشركة Megger Instrument Ltd, Dover.



الشكل (٢ - ٢٣)

حيث تغرس الأعمدة الأربعة المستخدمة فى خط مستقيم. والنقطة المطلوب تعيين المقاومة النوعية لها هى نقطة المنتصف لهذه القضبان، ويستخدم فى ذلك أربعة قضبان، طول القضيب 3m، وقطره 13 mm، مصنوعة من الصلب المجلفن. والمعادلة 2.8 تعطى قيمة المقاومة النوعية للتربة فى هذه الحالة.

$$\rho = 2\pi RS\ (\Omega.m) \rightarrow 2.8$$

حيث إن :

المقاومة النوعية المتوسطة $(\Omega.\ m)$	ρ
قراءة الجهاز (Ω)	R
المسافة بين أى قضبين (m)	S

والجدير بالذكر أن المقاومة النوعية للتربة والمحسوبة من المعادلة السابقة تكون على عمق (3/4) المسافة S .

والجدول (٢ - ١١) يبين بعض نتائج القياسات التى تم إجرائها لقياس المقاومة النوعية لتربة على أعماق مختلفة وذلك بتغيير المسافة بين الأعمدة .

الجدول (٢ - ١١)

المسافة S (m)	قراءة الجهاز R (Ω)	المقاومة النوعية ρ (Ω. m)	العمق (m)
2	90	1140	1.5
4	21.5	538	3
8	10	502	6
12	5.5	415	9
24	3	450	18
40	2	502	30

والجدير بالذكر أن قيم المقاومة النوعية ρ تحسب من المعادلة 2.8، أما العمق الذى يحسب له المقاومة النوعية فيساوى (3/4S) .

ويلاحظ من الجدول السابق أن المقاومة النوعية للتربة على عمق 3 m تساوى

538Ω.m، فى حين أن المقاومة النوعية للتربة على عمق 9 m تساوى 502Ω.m لذلك ينصح باختيار عمود طوله 3 m وذلك لعدم وجود فرق كبير فى المقاومة النوعية مع زيادة الطول ثلاث مرات.

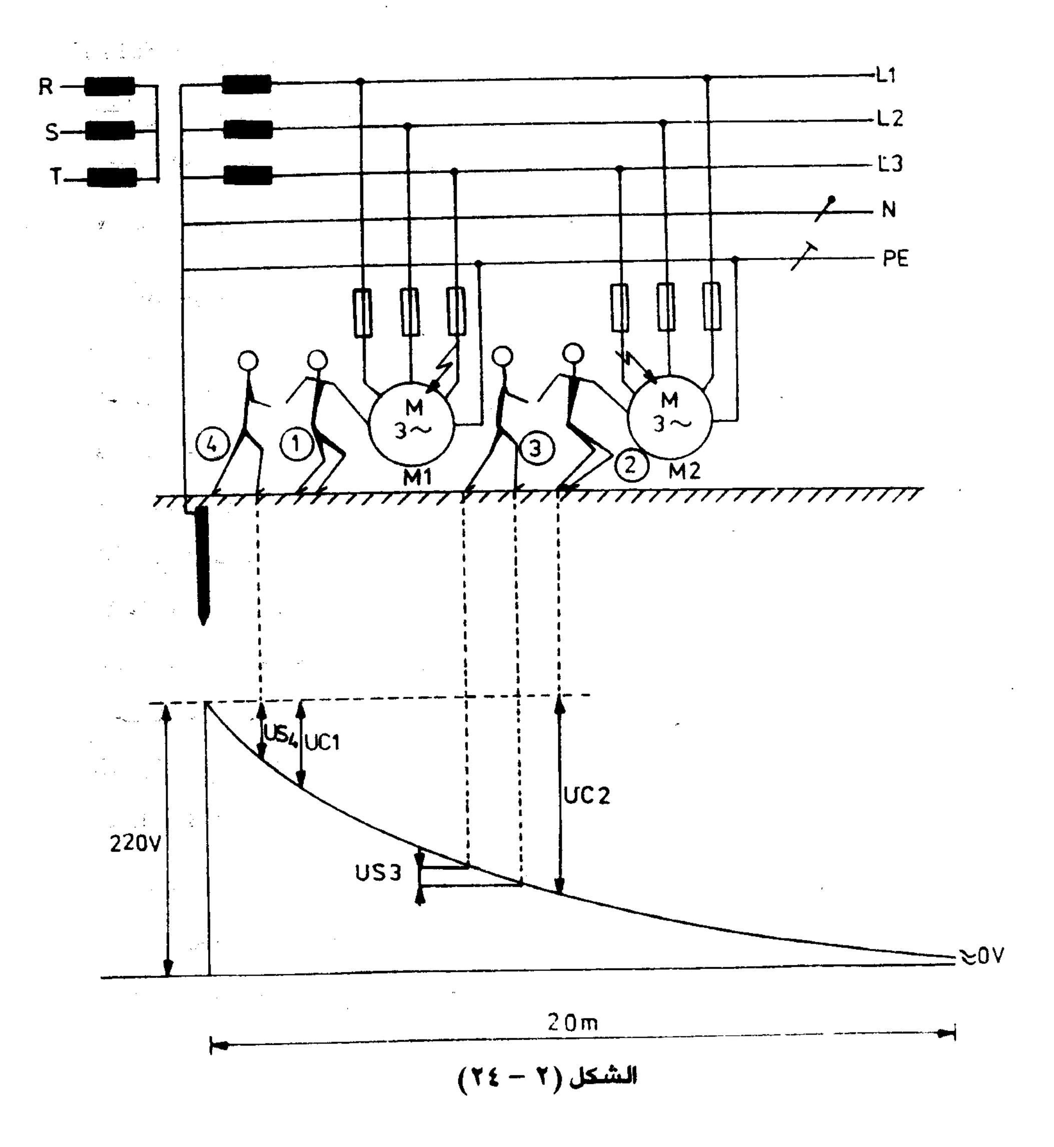
٢ / ٨ - جهد التلامس وجهد الخطوة Contact Voltaye and step Voltage

الشكل (٢ - ٢٤) يبين شبكة كهربية ثلاثية الأوجه مزودة بموصل وقاية PE، وموصل بها محركين كهربيين مؤرضين الأول M1 وبه قصر داخلى بين L1 وجسم المحرك الأمر الذى يؤدى لانتقال هذا الجهد إلى القطب الأرضى عبر موصل الوقاية PE فيكون جهد القطب الأرضى مساويًا جهد خط الوقاية مساويًا جهد الوجه L1 فيتشكل جهد على تربة أرضى الوقاية ويقل هذا الجهد كلما ابتعدنا عن قطب الأرضى ليصبح مساويًا الصفر على بعد 20 m تقريبًا من القطب الأرضى فى جميع الاتجاهات. وباعتبار أن المقاومة النوعية للتربة ρ ثابتة فى جميع الاتجاهات لذلك فإن منحنيات توزيع الجهد على تربة الأرضى تكون متماثلة فى جميع الاتجاهات أى أن الجهد على نقاط الدائرة التى مركزها قطب الأرضى يكون ثابتًا تقريبًا، وتسمى الدائرة التى مركزها القطب الأرضى ونصف قطرها 20 m بأساس الأرضى Earth reference.

وعند ملامسة الشخص رقم 1 لجسم المحرك M1 فإنه يتعرض لجهد تلامس UC1، فى حين يتعرض الشخص رقم 2 الملامس لجسم المحرك M2 والموصل مع نفس موصل الأرضى لجهد تلامس UC2، ويتعرض الشخص 3 لجهد خطوة يساوى فرق الجهد بين قدميه والذى يساوى US3، فى حين يتعرض الشخص 4 لجهد خطوة يساوى US4. ويلاحظ أن جهد التلامس يزداد كلما ابتعدنا عن مكان القطب الأرضى فى حين يزداد جهد الخطوة كلما اقتربنا من مكان القطب الأرضى.

والجدير بالذكر أن جهد الخطوة لا يمثل خطورة على الإنسان فى شبكات الجهد المنخفض لصغر خطوة الإنسان.

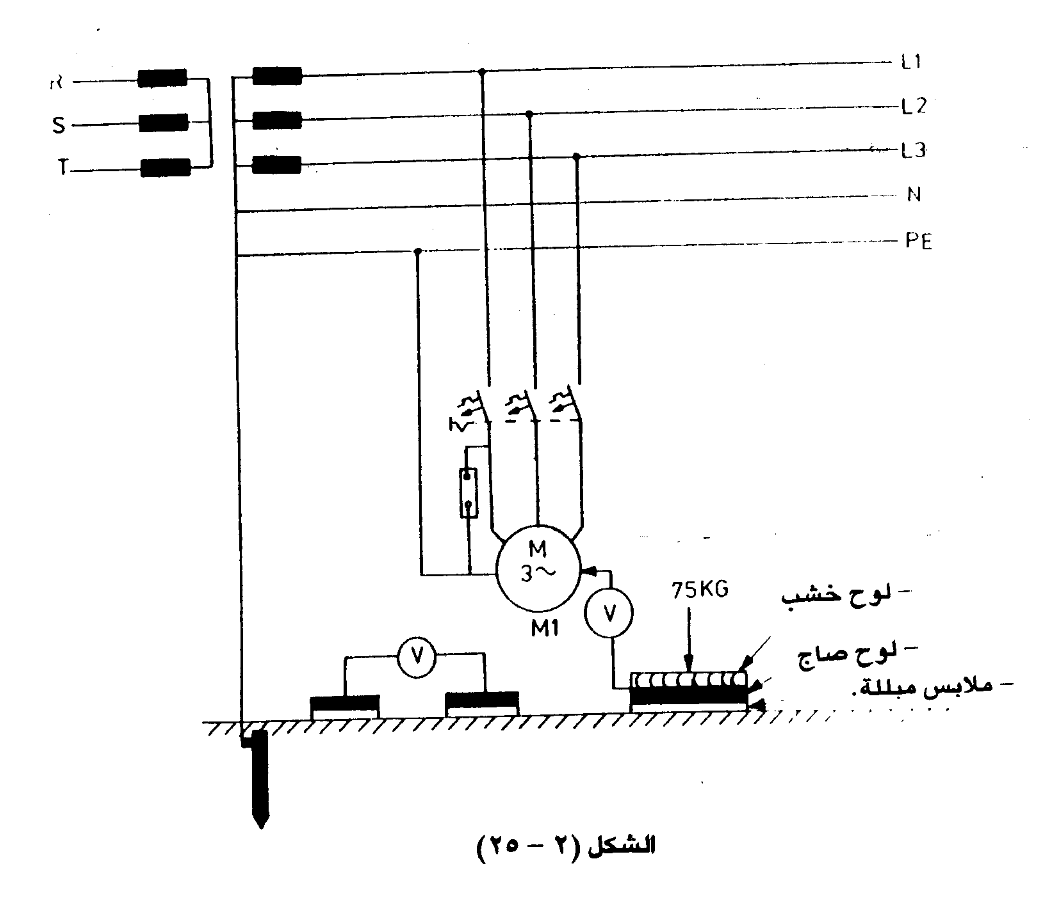
فى حين يمثل خطورة على الحيوانات الكبيرة مثل: الخيول والأبقار بسبب خطوتها الكبيرة بين قدميها الأماميتين والخلفيتين، وقد يؤدى هذا الجهد لارتفاع ضغط دمها وتصلب شرايينها وقد يؤدى إلى الوفاة.



الشكل (٢ – ٢٤)

والشكل (٢ – ٢٥) يوضح طريقة قياس جهد التلامس وجهد الخطوة عند حدوث قصر في محرك كهربى .

ولقياس جهد التلامس نستخدم لوح من الحديد المسطح أبعاده 35 x 35 Cm وتوضع على بعد (1: 1.25m) من المحرك باعتبار أن مجال يد الإنسان 1.25m وينصح بوضع ملابس مبللة أسفل لوح الحديد، ثم يوضع لوح خشبى فوق لوح الصاج



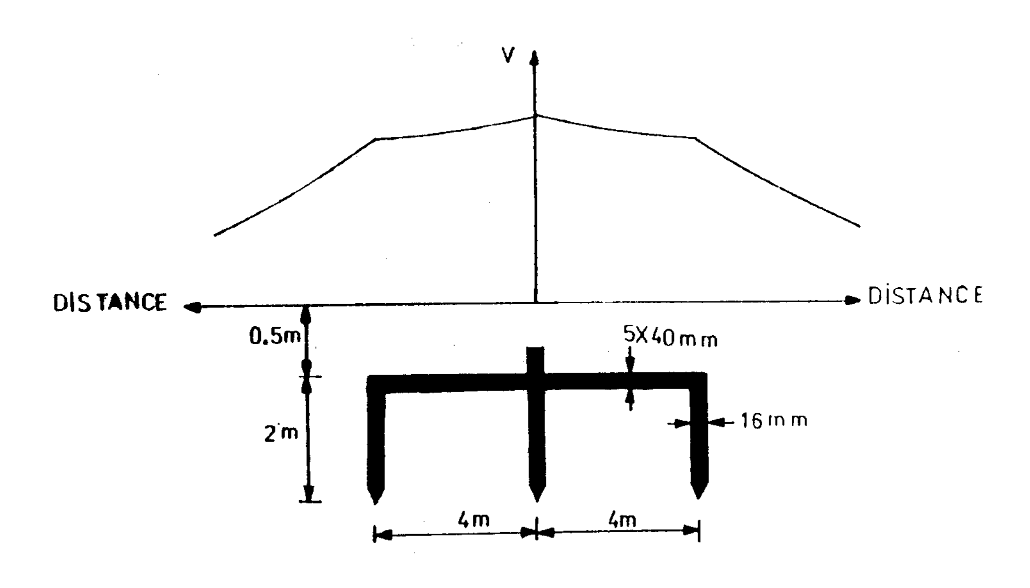
الشكل (٢ - ٢٥)

وعليه ثقل 75 Kg، وهو يمثل ثقل الإنسان، ويوصل لوح الصاج بهيكل المحرك عن طريق فولتميتر ذات مقاومة داخلية لا تقل عن 1000 Ω، ويفصل المحرك عن المصدر بواسطة القاطع الخاص به، ثم يوصل أحد الأوجه مع جسم المحرك ويعاد توصيل قاطع الدائرة مرة أخرى فتكون قراءة الفولتميتر هى جهد التلامس، ويمكن تغيير وضع لوح الصاج مع المحافظة على المسافة بينه وبين المحرك واعتبار أكبر قراءة للفولتميتر هى جهد التلامس الذى يؤخذ به.

ولقياس جهد الخطوة نستخدم لوحين من الصاج أبعادهم 35 x 35 Cm، ونقترب من مكان القطب الأرضى قدر الأماكن للحصول على أعلى جهد خطوة، ثم نضع لوحى الصاج على الأرض، بحيث تكون المسافة بينهما تساوى 1m ووضع ملابس مبللة أسفلها ويوضع على كلٍّ منهما ثقل 40kg، ويوصل بين اللوحين بجهاز

فولتميتر مقاومته الداخلية لا تقل عن 1000Ω ونحدث قصر بين أحد أوجه المحرك مع هيكل المحرك بنفس الطريقة المتبعة فى الحالة السابقة فتكون قراءة جهاز الفولتميتر هى جهد الخطوة، ويمكن تكرار التجربة عند مواضع مختلفة مع المحافظة على المسافة بين اللوحين، ونعتبر أكبر قراءة للفولتميتر هى جهد الخطوة الذى يؤخذ به فى كلتا الحالتين، ويجب أن يكون جهد التلامس، وجهد الخطوة أقل من (50 Vac)، وفى حالة تعدى جهد الخطوة وجهد التلامس الحدود المسموح بها نقوم بعمل تعديل لمنحنى توزيع الجهد على الأرض باستخدام أقطاب أرضية إضافية بالطريقة المبينة بالشكل (٢ - ٢٦)، وذلك باستخدام شعاع رباعى طوله 8m مصنوع من الصلب المجلفن أبعاده 5 x 40mm كالمبين بالشكل (٢ - ١٤ب).

ويربط معه أربعة قضبان من الصلب المجلفن طول الواحد 2m وقطره 16mm .



الشكل (٢ - ٢٦)

الباب الثالث

مانعات الصواعق

مانعات الصواعق

٣ / ١ - تاريخ مانعات الصواعق

يعتبر بنيامين فرانكلين Benjamin FrankLinn هو الأب الروحى لنظرية مانعات الصواعق الحديثة. ولقد ظهر فى أمريكا فى الفترة 1790 :1707 واخترع فرانكلين مانعة الصواعق Ligtning rode وذلك بوضع أعمدة معدنية فوق المبانى وتوصيلها بالأرضى. وقال فرانكلين عام 1755: إن وجود مانعة صواعق على أسطح المنازل والمنشآت يؤدى لتفريغ الشحنات الكهربية الساقطة من السحب الرعدية، كما استنتج أن وجود مانعة الصواعق فوق المنشأة كفيل بتوجيه البرق إليها.

ومنذ ذلك الحين فإن أسلوب فرانكلين فى عمل مانعة الصواعق معمول به إلى وقتنا الحاضر.

٣ / ٢ - خواص الصواعق البرقية

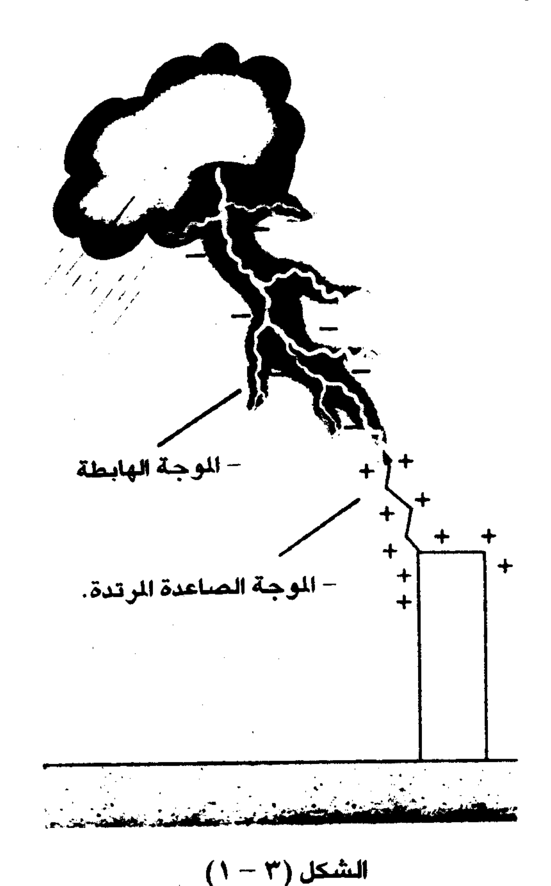
تعتبر الصواعق البرقية هى تفريغ مرئى للكهرباء الساكنة المتجمعة على السحب والمتكونة نتيجة للأحوال الجوية. فعند النظر إلى السماء فى الأيام التى يكون فيها برق، فإن السماء تكون ملبدة بالسحب الداكنة، ويعود السبب فى ذلك إلى أننا نرى الجزء السفلى للسحابة، والتى تحتوى على كمية كبيرة من قطرات الماء، والتى لا تمرر الضوء، ويحتوى الجزء السفلى من السحابة على مناطق مشحونة بشحنات سالبة فى حين يحتوى الجزء العلوى للسحابة على مناطق مشحونة بشحنات موجبة، وعند اقتراب السحابة من الأرض تتكون شحنات موجبة بالحث الكهروستاتيكى أسفل السحابة وذلك على الأجسام المرتفعة، على سطح الأرض لذلك يتشكل فرق جهد بين قاع السحابة، وهذه الأجسام المرتفعة وباستمرار تراكم الشحنات السالبة على قاع السحابة والشحنات الموجبة على الأجسام المرتفعة على الأرض وأسفل السحابة يزداد هذا الجهد إلى أن يصل إلى 20: 25 KV/ cm ، حينئذ يحدث تأين للهواء أى: يصبح الهواء موصلا جيداً للكهرباء، ويبدأ التفريغ الكهربى بأن تبدأ السحابة بإرسال الشحنات السالبة نحو الأرض فى صورة درج تقريباً Stepped Leader طول السلمة الواحدة 45 m تقريباً، وعندما يكون بداية هذا الدرج على مسافة 50:100 m

من نقطة التفريغ الموجودة فى الأرض (المكان المرتفع المتجمع فيه الشحنات الموجبة) تبدأ الشحنات الموجبة بالانفصال من الأرض والتوجه لأعلى إلى الشحنات السالبة، وتسمى هذه الظاهرة بالصاعقة المرتدة.

ويظهر وميض شجيرى ويرى بالعين المجردة ويصل شدة التيار الكهربى المار فى الصاعقة المرتدة إلى حوالى (20: 200 KA).

أما درجة الحرارة فتصل إلى $30000K^{\circ}$ ، ويحدث تمدد للهواء فى مسار الصاعقة المرتدة فينتج عن ذلك خلخلة للهواء المحيط محدثًا الرعد، علمًا بأن هذا التحليل يسمى بنظرية سمسونج وهناك نظريات أخرى عديدة.

والجدير بالذكر أنه لا يشترط أن تتوجه الصواعق البرقية من السحب للأرض، فقد تحدث بين سحابة وأخرى أو تحدث فى نفس السحابة. والشكل (٣ - ١) يبين الموجه الهابطة والموجه الصاعدة المرتدة.



الشكل (٣ - ١)

٣ / ٣ - دراسة ضرورة مانعة الصواعق للمنشأة

إن تجهيز مانعة صواعق لمنشأة يحتاج لأموال باهظة الأمر الذى يحتاج تحديدا دقيقًا لمدى ضرورة مانعة الصواعق للمنشأة وذلك بمقارنة مدى الأضرار الناجمة من الصواعق وتكاليف إنشاء مانعة الصواعق، ولكن هناك بعض المنشآت التى تحتاج لمانعة صواعق بدون أى دراسة مثل:

١ - أماكن تخزين المواد المتفجرة المشتعلة.

٢ - المداخن العالية.

٣ - المبانى الأثرية.

٤ - أماكن تجمع **الأشخاص مثل أماكن** العبادة.

وتوجد طريقة **معمول بها فى** إنجلترا لدراسة ضرورة مانعة الصواعق للمنشأة تسمى بطريقة دليل المخاطرة Risk Index Method.

وهى تعتمد على مجموعة من العوامل وهذه العوامل كما يلى:

١ - معامل استخدام المنشأة	(A)	Use of structure
٢ - معامل نوعية بناء المنشأة	(B)	Type of Structure
٣ - معامل محتويات المنشأة	(C)	Contents
٤ - معامل درجة العزل	(D)	Isolation Factor
٥ - معامل طبيعة المكان	(E)	Type of Country
٦ - عدد مرات الصواعق المتوقع فى العام	(P)	No. of Strokes/ year

والجدول (٣ - ١) يستخدم لتعيين معامل استخدام المنشأة (A)

الجدول (٣ - ١)

استخدام المنشأة	معامل الاستخدام (A)
- المبانى السكنية والمنشآت الأخرى المشابهة لها فى الأبعاد.	0.3
- المبانى السكنية والمنشآت الأخرى المشابهة لها فى الأبعاد وذات الهوائيات الخارجية.	0.7
- المصانع والمختبرات والورش.	1.0
- المنشآت المكتبية والفندقية والسكنية الكبيرة.	1.2
- أماكن التجمعات مثل أماكن العبادة والمسارح والمجمعات التجارية والمنشآت الرياضية والمطارات ومحطات الأتوبيسات ومحطات السكك الحديدية.	1.3
- المدارس والمستشفيات ورياض الأطفال.	1.7

والجدول (٣ - ٢) يعطى معامل نوعية بناء المنشأة (B)

الجدول (٣ - ٢)

نوعية بناء المنشأة	معامل نوع المنشأة (B)
- هيكل من الصلب ذو سقف غير معدنى.	0.2
- خرسانة مسلحة وسقف غير معدنى.	0.4
- هيكل من الصلب أو من الخرسانة المسلحة بسقف معدنى.	0.8
- طوب أو خرسانة عادية لها سقف غير معدنى وغير قشى	1.0
- هيكل خشبى وسقف غير معدنى وغير قشى	1.4
- طوب أو خرسانه عادية أو هيكل خشبى بسقف معدنى	1.7
- أى مبنى بسقف من القش.	2.0

والجدول (٣ - ٣) يعطى معامل محتويات المنشأة (C)

الجدول (٣ - ٣)

محتويات المنشأة	معامل محتويات المنشأة C
- منشآت سكنية أو مكتبية أو مصانع وورش لا تحتوى على محتويات ثمينة ولا سريعة الاشتعال ولا تتأثر بالحريق.	0.3
- منشآت صناعية أو زراعية تحتوى على مواد سريعة الاشتعال والتأثر بالحريق.	0.8
- محطات كهرباء ومحطات غازية ومحطات تليفزيونية ومحطات إذاعة.	1.0
- مصانع هامة - مبانى أثرية - معارض فنية - منشآت تحتوى على محتويات ثمينة.	1.3
- مدارس مستشفيات ورياض أطفال.	1.7

والجدول (٣ - ٤) يعطى معامل درجة العزل للمنشأة (D)

الجدول (٣ - ٤)

درجة عزل المنشأة	معامل درجة العزل (D)
- منشأة موجودة داخل مدينة صغيرة أو داخل مكان به أشجار ارتفاعها يساوى أو أكبر من ارتفاع المنشأة.	0.4
- منشأة موجودة داخل قرية أو داخل مكان به أشجار ارتفاعها يساوى ارتفاع المنشأة.	1.0
- منشأة موجودة فى مكان منعزل أو يزيد ارتفاعه عن ارتفاع المنشآت أو الأشجار المحيطة به.	2.0

والجدول ٣ – ٥ يبين معامل طبيعة المكان.

الجدول (٣ - ٥)

طبيعة المكان	معامل طبيعة المكان (E)
- موقع مسطح على أى ارتفاع من سطح البحر.	0.3
- ربوة أو تل.	1.0
- منطقة جبلية ارتفاعها يتراوح ما بين 300 : 900 m	1.3
- منطقة جبلية ارتفاعها يتراوح من 900 m	1.7

ويمكن حساب عدد مرات الصواعق المتوقع فى العام P بمعرفة كثافة الوميض الأرضى وأبعاد المبنى وذلك باستخدام المعادلة 3.1

$$P = A\,N * 10^{-6} \quad \text{Stroke/ year} \rightarrow 3.1$$

حيث إن:

المسافة المجمعة للمبنى. A

عدد مرات الوميض لكل Cm^2 لكل سنة N

وتعتمد المساحة المجمعة على أبعاد المبنى فإذا كان طول المبنى L وعرضه W وارتفاعه H فإنه يمكن تعيين المساحة المجمعة من المعادلة 3.2

$$A = LW + 2\,LH + 2\,WH + \pi H^2 \rightarrow 3.2$$

ويمكن تعيين عدد مرات الوميض لكل Cm^2 لكل سنة لأى مبنى بدلالة عدد الأيام الرعدية فى السنة من الجدول (٣ - ٦).

الجدول (٣ - ٦)

عدد الأيام الرعدية في السنة	5	10	20	30	40	50	60	80	100
N	0.2	0.5	1.1	1.9	2.8	3.7	4.7	6.9	9.2

والجدول (٣ - ٧) يبين قيم تقريبية لعدد الأيام الرعدية للدول المختلفة فى الوطن العربى .

الجدول (٣ - ٧)

الدولة	شمال السودان	مصر	سوريا	العراق	الأردن	لبنان	الخليج العربى	جنوب السودان
عدد الأيام الرعدية فى السنة	10	10	10: 20	10	10	10: 20	5 : 10	تصل إلى 140

ومن هذه المعاملات يمكن تعيين معامل المخاطرة الكلى من المعادلة 3.3

$$F_R = P\ A\ B\ C\ D\ E \rightarrow 3.3$$

فإذا كان قيمة $F_R > 10^{-5}$ فإن هذا يعنى أن المبنى يحتاج لمانعة صواعق.

وإذا كانت قيمة $10^{-5} > F_R > 0.66 \times 10^{-5}$ فلا نحتاج لمانعة صواعق.

مثال :

مبنى سكنى بالقاهرة أبعاده كما يلى :

$L = 40\ m, W = 30\ m, H = 50\ m$

فهل يحتاج هذا المبنى لمانعة صواعق أم لا؟

الإجابة :

من الجدول (٣ – ٧) فإن عدد الأيام الرعدية فى السنة فى مصر هى 10

ومن الجدول (٣ – ٦) فإن عدد مرات الوميض لكل Cm^2 لكل سنة هو $N = 0.5$

ويمكن حساب المساحة المجمعة لهذا المبنى من المعادلة 3.2

$$A = 40 \times 30 + 2 \times 40 \times 50 + 2 \times 30 \times 50 + \pi \times 50 = 16057 \ m^2$$

وبالتالى فإن عدد مرات الصواعق المحتمل فى السنة يساوى

$$P = A\,N \times 10^{-6}$$

$$= 0.008$$

ومن الجداول (٣ – ١)، (٣ – ٢)، (٣ – ٣)، (٣ – ٤)، (٣ – ٥) يمكن تعيين المعاملات A, B, C, D, E وينتج أن : –

$$A = 1.2, B = 0.4, C = 0.3, D = 0.4, E = 0.3$$

وبالتالى فإن معامل المخاطرات الكلى يساوى

$$F_R = P\,A\,B\,C\,D\,E$$

$$= 0.008 \times 1.2 \times 0.4 \times 0.3 \times 0.4 \times 0.3$$

$$= 13.8 \times 10^{-5}$$

وحيث إن :

$F_R > 10^{-5}$ لذلك نحتاج لمانعة صواعق لهذا المبنى .

٣ / ٤ – مكونات نظام الحماية من الصواعق

يتكون نظام الحماية من الصواعق من :

١ – مانعة الصواعق Air termination وهى تعمل على تجميع شحنات الصاعقة .

٢ – الموصل الهابط Down Conductor وهو موصل أو مجموعة من الموصلات الموصلة على التوالى تعمل على توفير مسار آمن من مانعة الصواعق إلى الأرضى .

٣ – الأرضى Earth termination وهو أرضى يعمل على تصريف شحنة الصاعقة للأرض .

٤ - الوصلات والقوامط Joints and Clamps وتقوم بتوصيل وربط العناصر الثلاثة السابقة معاً، وهي تمنع حدوث الشرر الجانبى Side flashing.

٣ / ٤ / ١ - مانعات الصواعق

يوجد أشكال مختلفة لمستقبلات الصاعقة مثل:

١ - قضيب رأسى أو موصل أفقى.

٢ - قضيبان رأسيان.

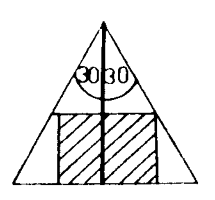
٣ - أكثر من موصل أفقى.

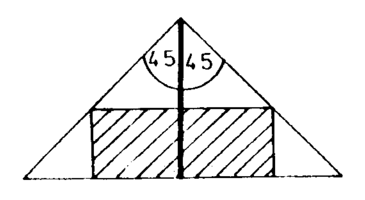
٤ - موصل أفقى يوضع على المحيط الخارجى لسطح المنشأة.

٥ - شبكة معدنية بفتحات.

فعند استخدام الأعمدة كموانع صواعق يتشكل ما يسمى بمخروط حماية، وتكون زاوية الحماية (نصف زاوية رأس المخروط)، وهى تأخذ °45 إذا كان المبنى عادى وتأخذ °30 إذا كان المبنى يحتوى على مواد قابلة للاشتعال أو الانفجار.

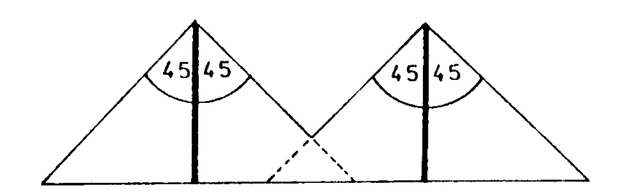
والجدير بالذكر أن المبنى المطلوب حمايته يجب أن يقع تحت مخروط الحماية، وهذا موضح بالشكل (٣ - ٢).

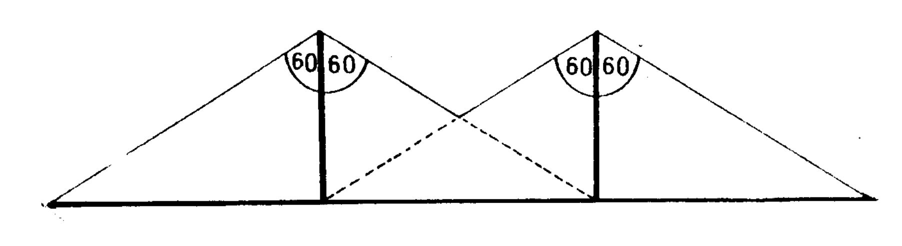




الشكل (٣ - ٢)

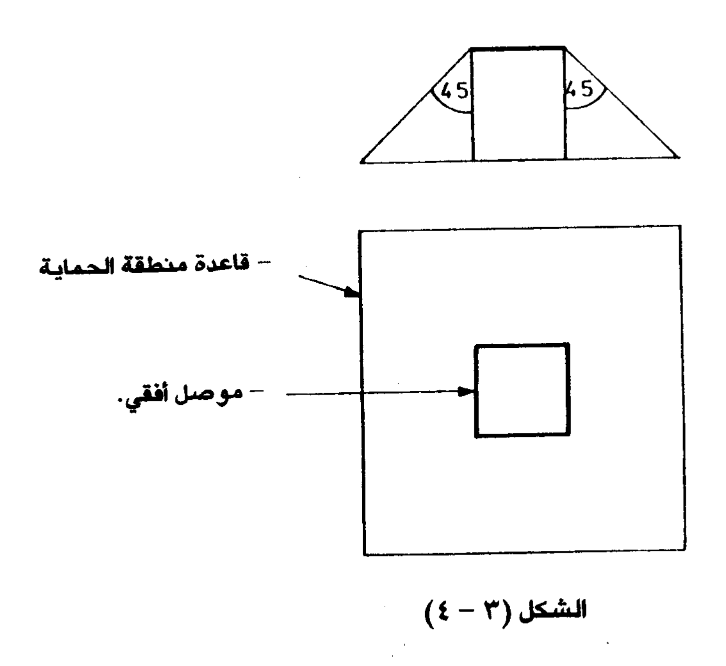
ويمكن استخدام عمودين المسافة بينهما لا تزيد عن ضعف ارتفاع العمود، وتكون زاوية الحماية لكل منهما °60 للمبانى العادية، °45 للمبانى ذات المواد القابلة للاشتعال والانفجار، وهذا مبين بالشكل (٣ - ٣).





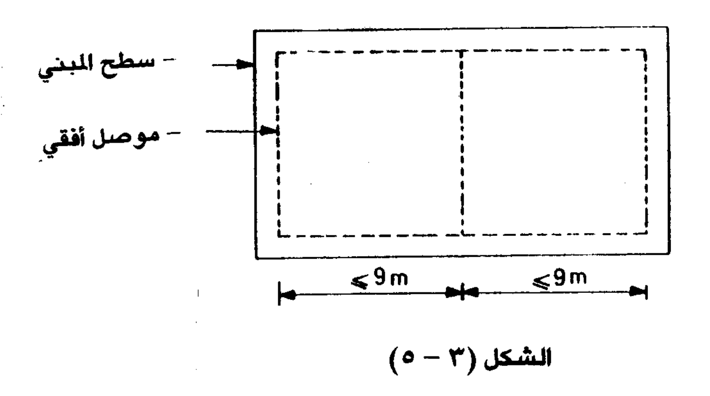
الشكل (٣ – ٣)

ويمكن استخدام موصلات أفقية، وتكون زاوية الحماية مساوية 45° بحد أقصى للمباني التى تحتوى على مواد مشتعلة كما هو مبين بالشكل (٣ – ٤) .



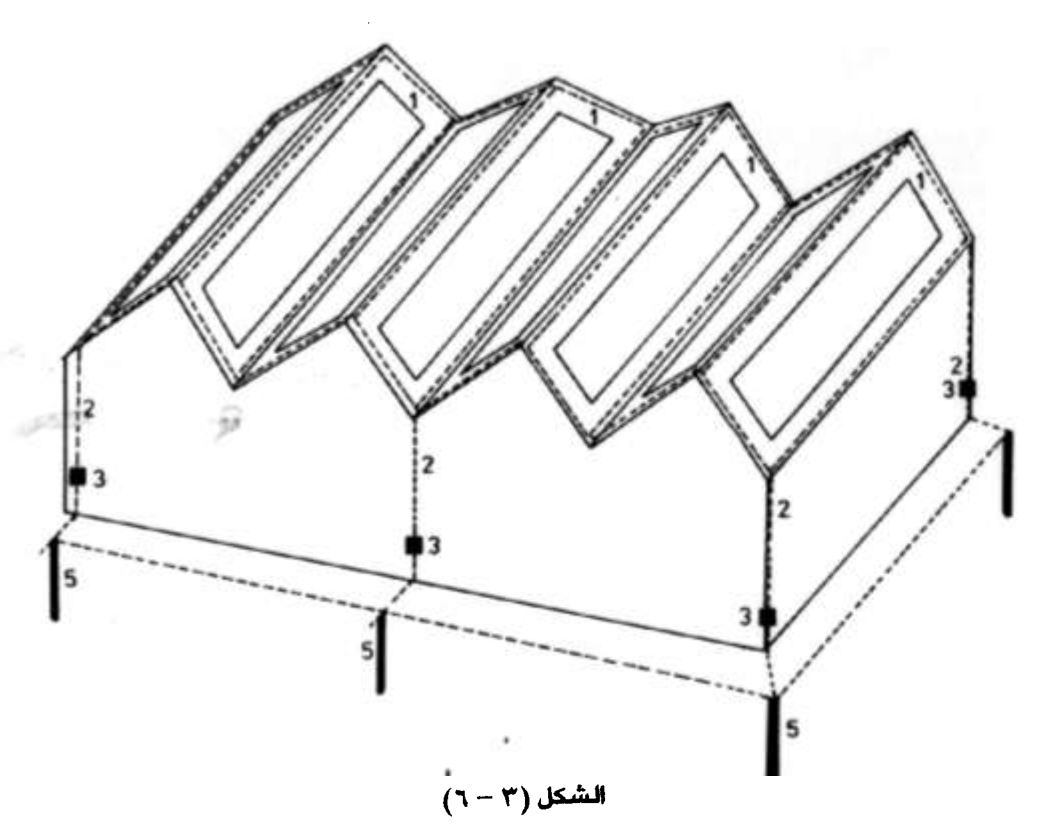
الشكل (٣ – ٤)

ويمكن استخدام موصلات أفقية على المحيط الخارجى لأسطح المبانى بحيث لا تزيد المسافة بين أى نقطة على السطح والموصل الأفقى عن 9m ، كما هو مبين بالشكل (٣-٥).



الشكل (٣ - ٥)

وبالنسبة للمبانى ذات الأسطح الكبيرة جداً فتستخدم شبكة من الموصلات تتكون من مجموعة من المستطيلات أبعاد كل مستطيل 10 x 20 m للمبانى العادية، فى حين أبعاد كل مستطيل تساوى 5 x 10 m بالنسبة للمنشآت الخطرة والتى تحتوى على مواد قابلة للانفجار والاشتعال مثل: المصانع الكيميائية ومصانع البترول. والشكل يبين طريقة تنفيذ ذلك لمصنع.



الشكل (٣ – ٦)

حيث إن :

موصلات الشبكة المعدنية لمانعة الصاعقة	1
الموصلات الهابطة	2
وصلات اختبار الأقطاب الأرضية	3
الموصلات الأرضية	4
الأقطاب الأرضية	5

والجدير بالذكر أنه يمكن استخدام الأشياء البارزة مثل : المداخن وهوائيات التليفزيون كمانعة صواعق إذا كانت معدنية.

والجدول (٣ – ٨) يعطى أبعاد موصلات مانعات الصواعق المستخدمة وخامة كل منها.

الجدول (٣ - ٨)

الأبعـــــاد	الخـــــامـــــة
قطره 8 mm قطره 10 mm 20 x 2.5 mm 30 x 3.5 mm	صلب مبروم صلب مجلفن مبروم شريط من الصلب شريط من الصلب المجلفن
قطره 8 mm 20 x 2.5 mm يتكون من 7 شعيرات كل شعرة قطرها 3.5 mm	نحاس مبروم شريط من النحاس حبل من النحاس
قطره 8 mm	موصل نحاس بطبقة خارجية من الرصاص بحيث يكون سمك طبقة النحاس الأدنى 1 mm
قطره 8 mm	موصل صلب بغلاف خارجى 30% من النحاس
قطره 10 mm 20 x 4 mm	نحاس مبروم شريط من الألومنيوم

٣ / ٤ / ٢ - الموصلات الهابطة

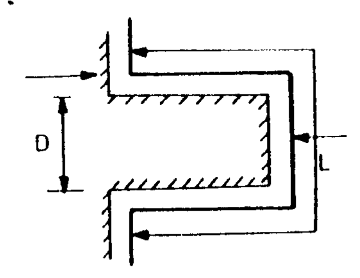
تعمل الموصلات الهابطة على تشكيل مساراً سهلاً لتيار الصواعق الذى تم استقباله بمانعة الصواعق لتصريفه فى الشبكة الأرضية، ويجب أن يكون هذا المسار

قصيراً لمنع الشرر الجانبى (انظر الفقرة ٣ / ٥ / ١)، ويجب الحذر من أن يقترب جزآن من الموصلات الهابطة معًا بسبب من الأسباب، فعندما يكون الموصل الهابط يأخذ المسار المبين بالشكل (٣ - ٧) يجب تحقق المعادلة 3.4.

$$\frac{L}{D} \leq 8 \rightarrow 3.4$$

أما عدد الموصلات الهابطة فيعتمد على مساحة المنشأة ويجب ألا يقل عدد هذه الموصلات عن 2.

وفيما يلى طريقة تحديد عدد الموصلات الهابطة تبعًا للمساحة ومحيط المنشأة.



١ - المبانى التى مساحتها أقل من أو تساوى $100m^2$ تستخدم عدد 2 موصل هابط.

الشكل (٣ - ٧)

٢ - المبانى التى مساحتها أكبر من $200m^2$ تستخدم عدداً من الموصلات الهابطة يحدد من إحدى المعادلتين 3.5, 3.6.

$$N = 1 + \frac{S}{300} \rightarrow 3.5$$

$$N = \frac{C}{30} \rightarrow 3.6$$

حيث إن:

عدد الموصلات الهابطة مقرب للعدد الصحيح التالى	N
مساحة المبنى	S
محيط المبنى	C

٣ - المآذن والمداخن... إلخ والتى يزيد ارتفاعها عن 30 m، وقطرها يزيد عن 1.5 m تحتاج لموصلين هابطين.

وهناك طريقة أخرى لتحديد عدد الموصلات الهابطة تبعًا لأبعاد المنشأة وهذه الطريقة مستخدمة فى ألمانيا.

والشكل (٣ – ٨) يوضح هذه الطريقة .

فالشكل (أ) ينفذ عندما يكون طول المبنى يصل إلى 20 m، وعرضه يصل إلى 12 m، حيث يستخدم موصل أفقى على شكل مستطيل على سطح المبنى يعمل كمانعة صواعق ويستخدم موصلين هابطين 1, 2 .

والشكل (ب) ينفذ عندما يكون طول المبنى يصل إلى 20 m، وعرضه يتراوح ما بين 12 : 20 m .

والشكل (جـ) ينفذ عندما يتراوح طول المبنى 20 : 40 m، وعرضه يتراوح إلى 12 m .

والشكل (د) ينفذ عندما يتراوح طول المبنى 20 : 40 m، وعرضه يتراوح ما بين 20 : 40 m .

الشكل ٣ – ٨

٣ / ٤ / ٣ - شبكة التأريض الأرضية

لا تختلف شبكة التأريض المستخدمة فى الحماية من الصواعق عن شبكات التأريض الوقائية والتى سبق وأن تناولناها فى الباب الثانى .

ويجب ألا تزيد مقاومة شبكة التأريض لمانعة الصواعق عن 10Ω، وعادة تستخدم الأعمدة المغروسة عموديًا فى الأرض لعمل شبكات التأريض الأرضية لمانعات الصواعق، وتختلف مقاومة التأريض أثناء الصاعقة عن مقاومة التأريض المحسوبة فى الباب الثانى، حيث إن مقاومة التأريض أثناء تصريف الصاعقة تسمى بالمقاومة النبضية، وتحسب من المعادلة 3.7.

$$R_I = \propto R\ (\Omega) \rightarrow 3.7$$

حيث إن :

المقاومة النبضية	R_I
معامل النبضة	$\propto$
المقاومة الأرضية فى الظروف الطبيعية	R

ويعتمد معامل النبضة $\propto$ على نوعية التربة وقيمة التيار أثناء الصاعقة والمار فى قطب واحد، والجدول (٣ - ٩) يبين قيم معامل النبضة $\propto$ لأنواع مختلفة من الترىات، وكذلك لقيم مختلفة لتيار الصاعقة، وذلك لقطب أرضى طوله 2: 3 m، علماً بأن القيم الكبيرة للطول 3 m والصغيرة للطول 2 m.

الجدول (٣ - ٩)

نوعية التربة	التيار النبضى (K A)			
	5	10	20	40
جيرية أو طينية	0.9 : 0.98	0.75 : 0.85	0.6 : 0.75	0.5 : 0.6
حصى رطب	0.6 : 0.7	0.5 : 0.6	0.35 : 0.45	0.25 : 0.3
رمل أو حصى جاف	0.45 : 0.55	0.35 : 0.45	0.25 : 0.3	0.15 : 0.2

والجدير بالذكر أن عدد الأقطاب الأرضية يجب أن يساوى عدد الموصلات الهابطة فيوصل بكل موصل هابط قطب أرضى خاص به وتربط هذه الأقطاب معًا بواسطة

موصلات أرضية ويزود كل قطب أرضى بوصلة فحص Test bond، وذلك لقياس مقاومته، ويجب أن تكون المقاومة المحصلة لا تزيد عن 10 Ω، فإذا كان عدد الموصلات الهابطة 8 مثلاً: فإن عدد الأقطاب الأرضية يكون 8 أيضاً، وتكون مقاومة كل منهم لا تزيد عن (10 N) حيث N هو عدد الأقطاب الأرضية أى لا تزيد عن 80Ω.

والجدول ٣ – ١٠ يبين أبعاد ومواصفات القطب الأرضى.

الجدول (٣ - ١٠)

أبعاد القطب الأرضى	مواصفات القطب الأرضى
قطره 10 mm	صلب مبروم
30 x 3.5 mm	شريط من الصلب
قطره 20 mm	صلب مجلفن مبروم
50 x 3 mm	شريط صلب مجلفن
قطره 12 mm	موصل من الصلب المقاوم للصدأ
30 x 3.5 mm	شريط من الصلب
قطره 8 mm	نحاس مبروم
20 x 2.5 mm	شريط من النحاس
قطره 8 mm	موصل من النحاس المغطى بطبقة رصاص سمكها لا يقل عن 1 mm
قطر الشعرة 3 mm	حبل من النحاس يتكون من سبع شعيرات مغطى بطبقة من النحاس لا يقل سمكها عن 1 mm.
قطره 8 mm	حبل من الصلب مزود بطبقة من النحاس تمثل % 30

٣ / ٥ - إنشاء نظام الحماية من الصواعق

يفضل إنشاء نظام الحماية من الصواعق أثناء إنشاء البناء؛ لأن هذا يقلل من التكلفة الناتجة عن تكسير بعض الأجزاء الخرسانية بعد الانتهاء منها، حيث يتم توصيل جميع المنشآت المعدنية وقضبان التسليح قبل صب الخرسانة وإتمام البناء. ويراعى عدم دفن الموصلات الهابطة فى الحائط بل تكون خارج الحائط، ويجب ربط جميع الأجزاء المعدنية بالمنشأة مع نظام الحماية من الصواعق مثل: الهوائيات والمداخن والسلالم المعدنية ومواسير الصرف الصحى والشبابيك والأبواب المعدنية... إلخ.

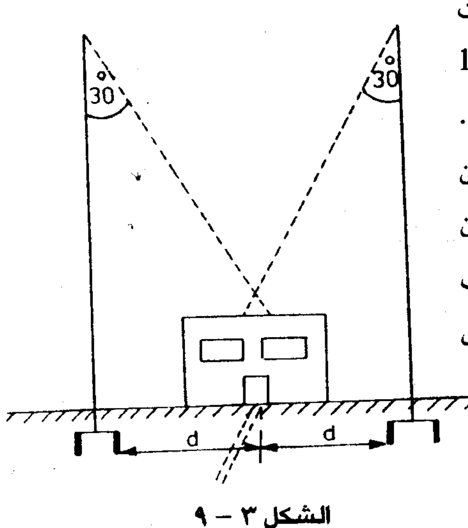
٣ / ٥ / ١ - تعليمات السلامة عند إنشاء نظام الحماية من الصواعق

فيما يلى أهم تعليمات السلامة عند إنشاء نظام الحماية من الصواعق:

١ - يجب ألا تقل المسافة بين الأقطاب الأرضية لنظام الحماية من الصواعق عن ممرات الأشخاص المترجلين عن 0.5 m للحد من خطورة جهد الخطوة على الأشخاص.

٢ - ينصح باستخدام نظام الحماية المزدوج من الصواعق لحماية المنشآت التى تحتوى على مواد مشتعلة بالطريقة المبينة بالشكل (٣- ٩).

٣ - يجب ألا تقل المسافة بين الأقطاب الأرضية لنظام الحماية من الصواعق والتجهيزات الأرضية المعدنية للمبنى مثل مواسير الماء (d) عن $0.5\ R_I$. فإذا كانت مقاومة نظام التأريض النبضية تساوى 10 Ω، فإن المسافة d يجب ألا تقل عن 5 m.



الشكل ٣ - ٩

٤ - عند وجود أشجار عالية بجوار المبانى فإن هذا يمثل خطورة على المبنى إذا كان ارتفاعها أعلى من المبنى لذلك يجب التعامل مع الأشجار العالية بأحد الحلول التالية:

أ - إزالة الشجرة.

ب - تقصير الشجرة عن المبنى.

جـ - عمل نظام حماية من الصواعق للشجرة بتمديد موصلات على الأفرع المختلفة وتوصيلها بموصل هابط على جذع الشجرة وتوصيل هذا الموصل الهابط مع قطبين أرضيين بشرط أن تكون المسافة بين الشجرة والمبنى لا تقل عن $0.5\ R_I$ حيث إن R_I هى المقاومة النبضية لأرضى الشجرة.

٥ - يجب الحذر من عمل مسارات ضيقة تحدث شرر جانبى يعرض الأشخاص والمبنى للخطر كما هو مبين بالشكل (٣ - ١٠)

الشكل (٣ - ١٠)

٦ - يجب توصيل الأجزاء المعدنية فى المبنى مع نظام الحماية من الصواعق، وإذا تعذر ذلك يجب أن تكون المسافة بين نظام مانعات الصواعق والأجزاء المعدنية تحقق المعادلة 3.8.

$$D \geq 0.05\ h + 0.2\ R_I$$

حيث إن :

المسافة بين الموصلات الهابطة والأجزاء المعدنية D

ارتفاع المبنى (m) h

المقاومة النبضية لشبكة التأريض R

والشكل (٣ - ١١) يعرض مصعداً لأحد المنشآت فإذا كان ارتفاع المنشأة 30 m، وكانت المقاومة النبضية للشبكة الأرضية لمانعة الصواعق 10 Ω، فإن المسافة بين نظام مانعات الصواعق والهيكل المعدنى للمصعد الكهربى يساوى :

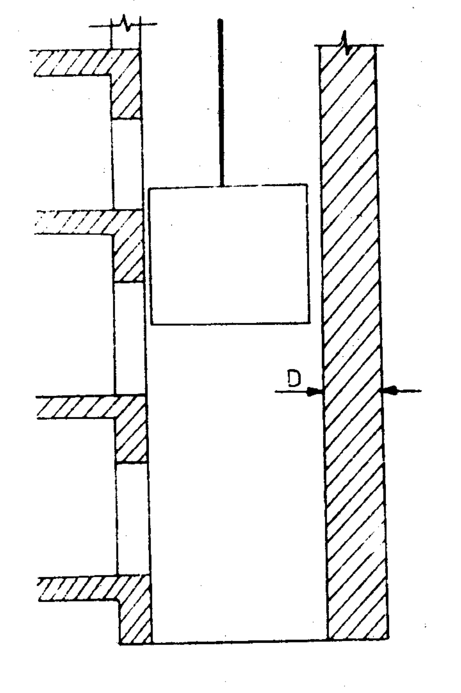
$$D \geq 0.05 \times 30 + 0.2 \times 10$$

$D \geq 3.5$ m

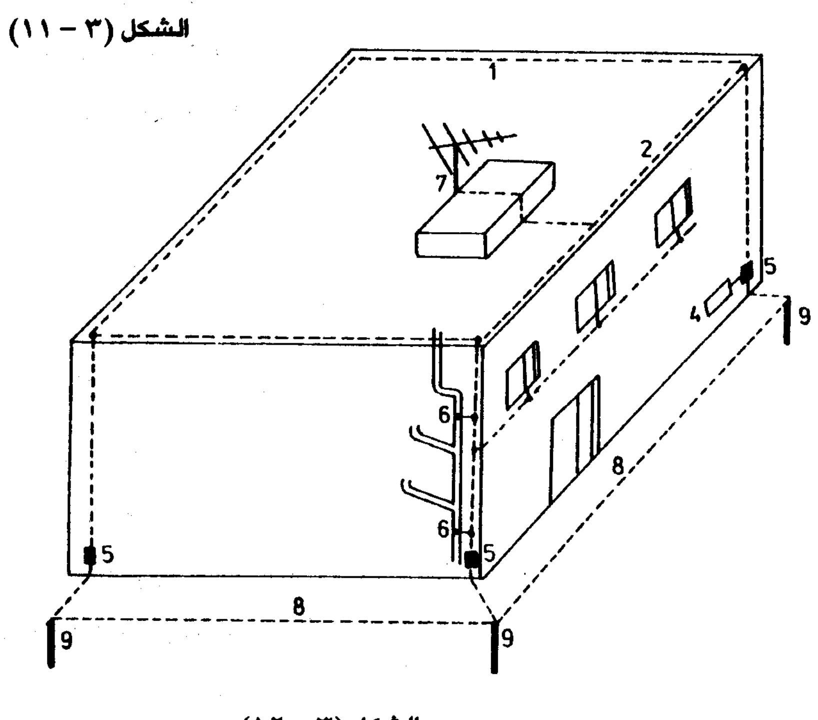
٧ – يجب أن تجرى اختبارات على نظام الحماية من الصواعق بعد كل صاعقة للتأكد من سلامته، كما يجب عمل تفتيش دورى على أجزاء مانعة الصواعق.

٣ / ٥ / ٢ – نماذج لأنظمة الحماية من الصواعق

الشكل (٣ – ١٢) يبين طريقة تنفيذ نظام حماية من الصواعق لمبنى طوله وعرضه 20 m طابقين.



الشكل (٣ – ١١)

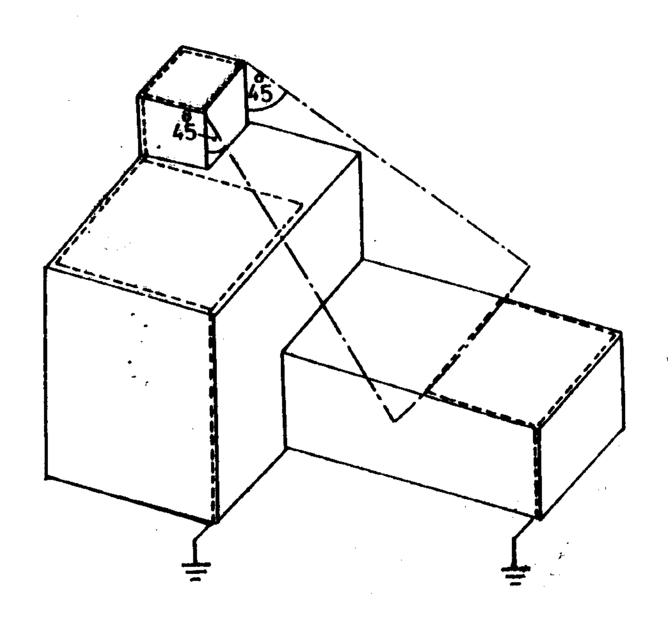


الشكل (٣ – ١٢)

حيث إن :

الموصلات الرئيسية لمانعة الصواعق	1
رباط مع قضبان تسليح المنشأة .	2
رباط مع شبابيك معدنية	3
موصل الأرضى الرئيسى للمنشأة	4
وصلة اختبار	5
وصلة مع مواسير الصرف الصحى	6
وصلة مع الهوائى	7
موصلات أرضية	8
أقطاب أرضية	9
موصل هابط	10

والشكل (٣ – ١٣) يبين طريقة تنفيذ نظام حماية من الصواعق لمبنى يتكون من عدة مستويات .



الشكل (٣ – ١٣)

الباب الرابع

الوقاية من التلامس الكهربى

الوقاية من التلامس الكهربى

٤ / ١- مقدمة

تحتاج التركيبات الكهربية لبعض التدابير الوقائية لحماية الإنسان من التلامس الكهربى ويجب أن نفرق بين:

- الوقاية من التلامس المباشر والناتج عن ملامسة الإنسان للأسلاك العارية الحاملة للتيار الكهربى.
- الوقاية من التلامس غير المباشر والناتج عن ملامسة الإنسان لبعض هياكل الأجهزة الكهربية المكهربة وذلك أثناء حدوث خطأ ناتج عن انهيار عزل هذه الأجهزة وملامسة الأجزاء الحاملة للتيار لهياكلها.

والجدير بالذكر أنه يوجد اختلاف بين طرق الوقاية من التلامس المباشر والتلامس غير المباشر ستتضح فى الفقرات القادمة.

٤ / ٢- الأنظمة المختلفة للتأريض

حتى يسهل علينا تناول هذه الأنظمة سنبدأ بإعطاء مدلول للأحرف المستخدمة مع هذه الأنظمة، فعادة يرمز لهذه الأنظمة بعدة أحرف:

- **الحرف الأول** جهة اليسار يبين العلاقة بين المصدر والأرضى وهذا الحرف هو واحد من الحرفين التاليين.
  - تعنى نقطة النجما لمحول المصدر مؤرضه T
  - تعنى أن المصدر معزول عن الأرضى أو نقطة النجما لمحول المصدر مؤرضة عبر مقاومة كبيرة جداً I
- **الحرف الثانى** جهة اليسار يبين العلاقة بين الحمل والأرضى ويكون أحد الحرفين التاليين:
  - تعنى أن الحمل مؤرض مباشرة ولا يستخدم أرضى المصدر T

تعنى أن الحمل مؤرض عبر أرضى المصدر N .

- الحرف الثالث والرابع يعطيان دلالة عن مواصفات خط الوقاية PE وخط التعادل N للمصدر الكهربى.

- تعنى أن خط الوقاية **PE** وخط التعادل **C**

مجتمعين معاً فى خط الوقاية والتعادل **PEN**.

- تعنى أنه يوجد موصل للوقاية **PE** وآخر التعادل **S**.

ويوجد ثلاثة أنظمة تأريض رئيسية وهم كما يلى:

١- نظام TN

٢- نظام TT

٣- نظام IT

٤ / ٢ / ١ - نظام TN

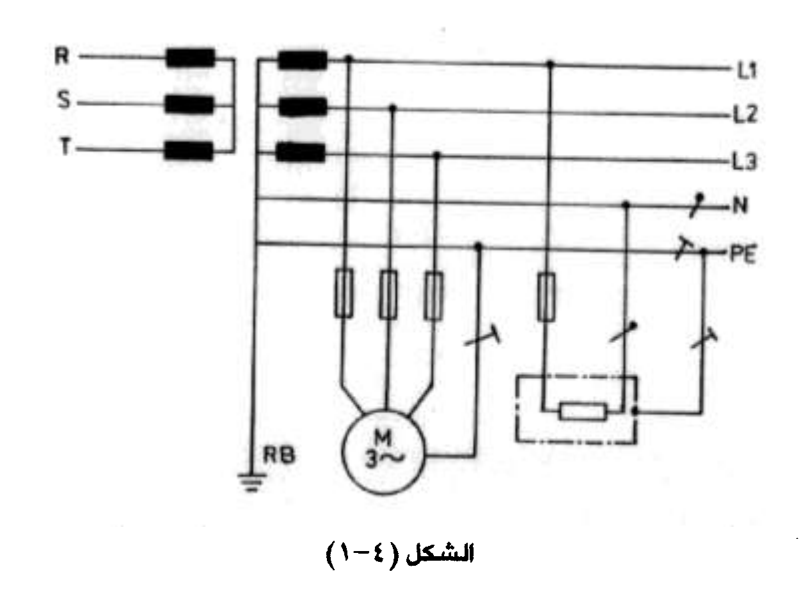
يتكون نظام TN من:

T أى تأريض المصدر الكهربى.

و **N** أى تأريض هيكل الحمل بتوصيله مع أرضى المصدر. **وينقسم هذا النظام إلى** الأنظمة التالية:

أ- نظام TN-S

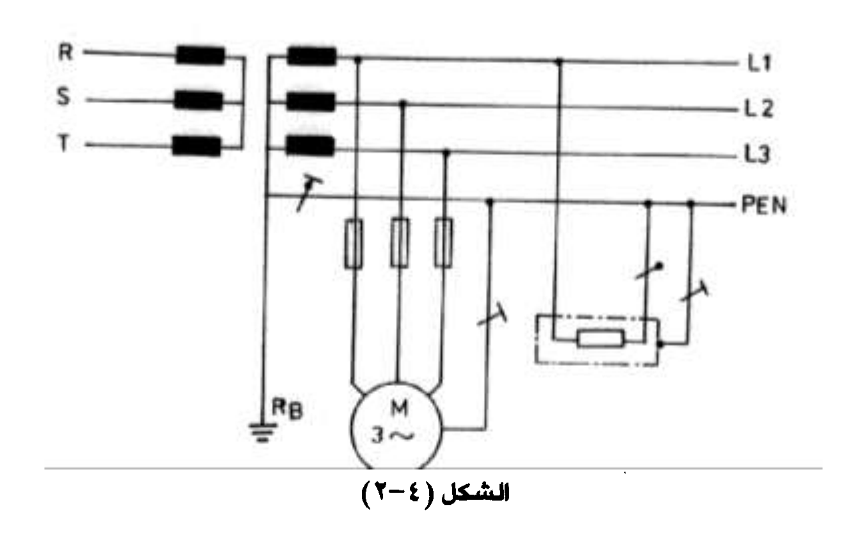
الشكل (٤- ١) يبين نظام TN-S يغذى حملين، **أحدهما: ثلاثى الأوجه وهو** محرك ثلاثى الأوجه؛ **والثانى**: حمل أحادى الوجه عبارة عن سخان كهربى ويلاحظ أن خط الوقاية PE وخط التعادل **N** مفصولان عند المصدر الكهربى.



الشكل (٤-١)

ب - نظام TN-C:

الشكل (٤-٢) يبين نظام TN-C يغذى حملين، **أحدهما**: ثلاثى الأوجه. **والآخر** أحادى الوجه. ويلاحظ أن خط الوقاية وخط التعادل مجتمعان معاً فى خط PEN.

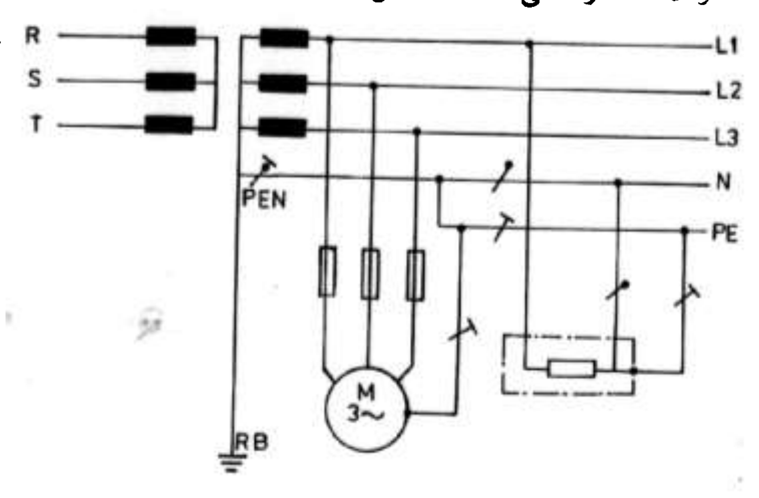


الشكل (٤-٢)

جـ - نظام TN-C-S:

الشكل (٤-٣) يبين نظام TN-C-S يغذى حملين، **أحدهما**: ثلاثى الأوجه **والآخر**: أحادى الوجه. ويلاحظ أن خط PEN للمصدر يتفرع عند الحمل لفرعين،

أحدهما : خط الوقاية PE. **والثانى** : خط التعادل N.



الشكل (٤-٣)

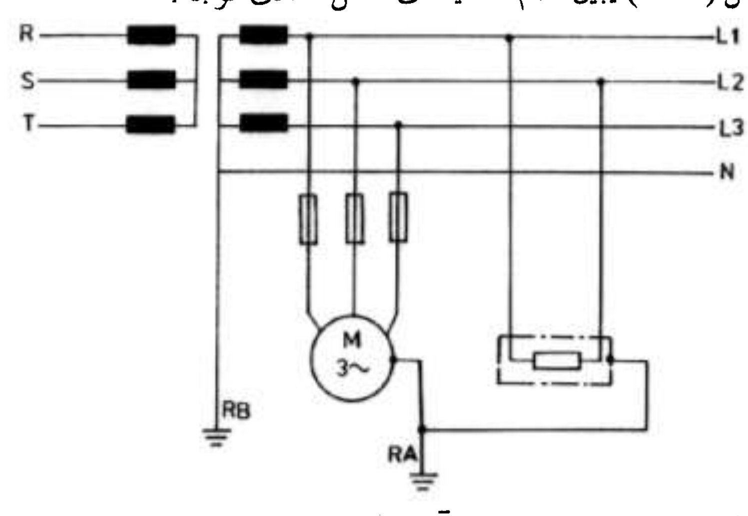
ويستخدم نظام TN بصفة عامة فى أنظمة التوزيع الخاصة والعامة والتركيبات الكهربية فى المنشآت والمصانع.

٤ / ٢ / ٢- نظام TT ونظام IT

يتكون نظام TT من :

T أى تأريض المصدر الكهربى، و T أى تأريض الحمل بقطب أرضى خاص به.

والشكل (٤-٤) يبين نظام TT يغذى حمل أحادى الوجه.



الشكل (٤-٤)

ويستخدم هذا النظام فى أنظمة التوزيع الخاصة والعامة والتركيبات الكهربية فى الأماكن الزراعية والأماكن الرطبة بصفة عامة.

أما نظام IT فيتكون من:

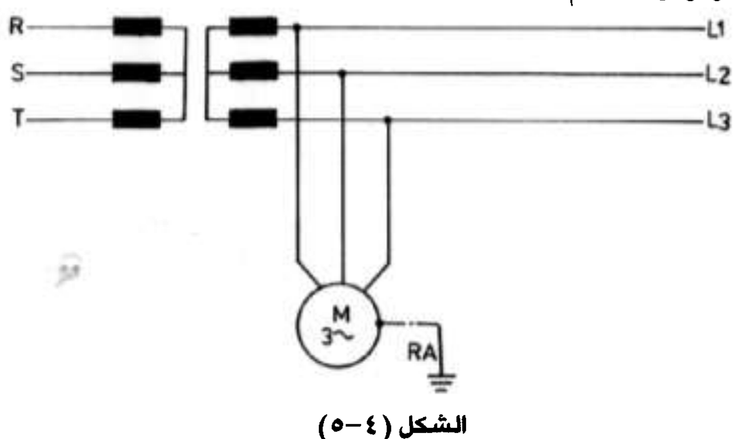
I أى المصدر الكهربى غير مؤرض.

T أى الحمل مؤرض بقطب أرضى خاص به.

والشكل (٤-٥) يبين نظام IT يغذى محرك ثلاثى الوجه.

ويستخدم هذا النظام عادة فى الاستخدامات التى تتطلب استمرارية للتيار الكهربى حتى عند حدوث خطأ وذلك من أجل المحافظة على الأرواح، وكذلك من أجل استمرارية الأعمال الرسمية مثل:

- المستشفيات، وأماكن التعدين، وصناعة الزجاج، ومصانع الحديد والصلب، والمصانع الكيميائية، ومحطات الكهرباء، مولدات الطوارئ والأماكن المعرضة للحريق والانفجار، ودوائر التحكم.



الشكل (٤-٥)

٤ / ٣- درجات الوقاية ضد تسرب الماء ودخول الأجسام الصلبة

يعطى رمز الوقاية لأى جهاز كهربى فكرة عن مدى إمكانية الجهاز لمنع - دخول الأجسام الصلبة - تسرب الماء.

ويأخذ رمز الوقاية لأى جهاز الصورة **IPx.y**.

حيث إن :

هو الرقم المميز ضد دخول المواد الصلبة لداخل الجهاز **X** .

هو الرقم المميز ضد تسرب الماء لداخل الجهاز Y.

والجدول (٤-١) يوضح القيم المختلفة لكلٍّ من X,Y ومدلولاتها.

مثال:

إذا كانت درجة الوقاية لمحرك كهربى IP 55 يعنى ذلك أن المحرك مصمم للوقاية من دخول الأتربة الضارة، وكذلك مصمم للوقاية من تسرب الماء المندفع من نافورة فى جميع الاتجاهات.

الجدول (٤-١)

	الرقم المميز X		الرقم المميز Y
	وقاية ضد دخول الأجسام الصلبة		وقاية ضد تسرب الماء
0	بدون وقاية.	0	بدون وقاية.
1	وقاية ضد دخول الأجسام الصلبة ذات القطر الأكبر من 50 ملى ميتر.	1	وقاية ضد تسرب قطرات الماء الساقطة عموديًا داخل الجهاز.
2	وقاية ضد دخول الأجسام الصلبة ذات القطر الأكبر من 12.5 ملى ميتر.	2	وقاية ضد تسرب قطرات الماء الساقطة بزاوية $15°$ مع الرأسى.
3	وقاية ضد دخول الأجسام الصلبة ذات القطر الأكبر من 2.5 ملى ميتر.	3	وقاية ضد تسرب قطرات الماء الساقطة بزاوية $60°$ مع الرأسى.
4	وقاية ضد دخول الأجسام الصلبة ذات القطر الأكبر من ١ ملى ميتر.	4	وقاية ضد دخول رزاز الماء فى جميع الاتجاهات.
5	وقاية ضد تسرب الاتربة الضارة.	5	وقاية ضد دخول رزاز الماء بشكل نافورة فى جميع الاتجاهات.
6	وقاية كاملة ضد تسرب الأتربة.	6	وقاية ضد الغمر داخل الماء لمدة صغيرة.
		7	وقاية كاملة ضد الغمر داخل الماء.
		8	وقاية كاملة ضد الغمر لأى فترة زمنية تحت ارتفاع معين تحت سطح الماء.

٤ / ٤- أقسام الوقاية من الصدمة الكهربية

يمكن تقسيم الأجهزة الكهربية والالكترونية من حيث الوقاية من الصدمة الكهربية أثناء حدوث خطأ بها إلى أربعة أقسام كما يلى :-

١ - معدات قسم O (Class o)

وهذه المعدات تحتاج إلى استخدامها فى وسط معزول لتوفير الوقاية من الصدمة الكهربية، كما أنها غير معدة للتوصيل مع موصل الوقاية PE.

٢- معدات قسم I (Class I)

وهذه المعدات معدة للتوصيل مع موصل الوقاية الأمر الذى يوفر الوقاية من الصدمة الكهربية عند حدوث خلل بها.

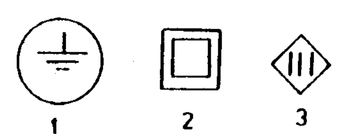
٣- معدات قسم II (Class II)

هذه المعدات مصممة بعزل مزدوج Double insulation أو عزل مقوى Reinforced insulation لتوفير الوقاية من الصدمة الكهربية وهى غير معدة لتوصيل موصل وقاية.

٤- معدات قسم III (Class III)

هذه المعدات تعمل بجهود منخفضة جداً باستخدام محولات عزل آمن SELV مما يوفر الوقاية من الصدمة الكهربية.

وفيما يلى الرموز المستخدمة مع الأنواع المختلفة للمعدات الكهربية تبعًا لقسم الوقاية. فالرمز 1 للقسم I ، والرمز 2 للقسم II، والرمز 3 للقسم III.

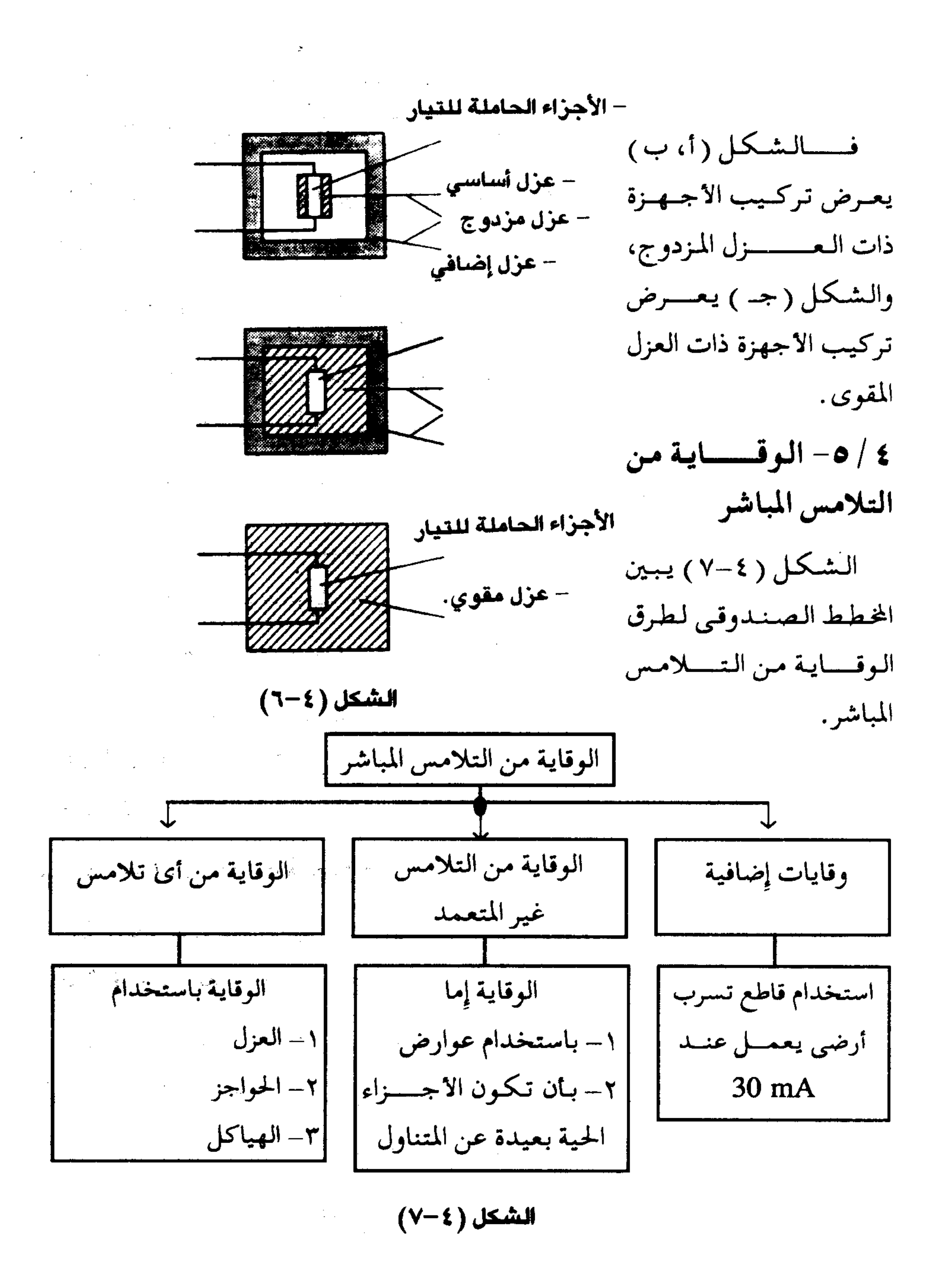


والشكل (٤-٦) يعرض التركيب الداخلى للأنواع المختلفة للأجهزة الكهربية قسم II.

فـــــالشـكـل (أ، ب) يعـرض تـركـيب الأجـهـزة ذات الـعـــــزل المزدوج، والشكل (جـ) يعـــرض تركيب الأجهزة ذات العزل المقوى.

٤ / ٥- الوقـــاية من التلامس المباشر

الشكل (٤-٧) يبين المخطط الصندوقى لطرق الوقـــاية من التـــلامس المباشر.



الشكل (٤-٦)

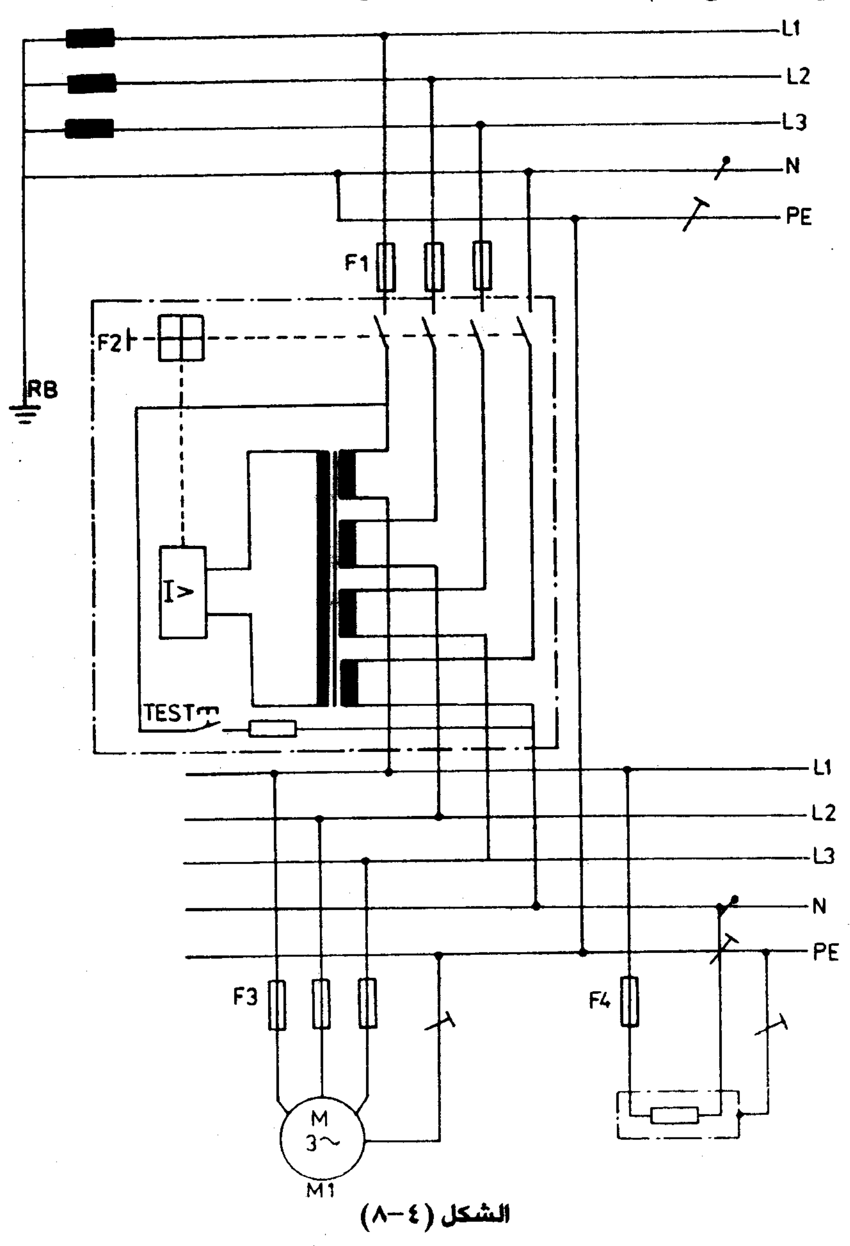
الشكل (٤-٧)

٤ / ٥ / ١- الوقاية الإضافية باستخدام جهاز الحماية من التسرب الأرضى

إن استخدام جهاز الحماية من التسرب الأرضى ELCB للوقاية من حدوث تسرب تيار يزيد عن 30 mA يعتبر وقاية. اضافية من التلامس المباشر.

والجدير بالذكر أن جهاز الحماية من التسرب الأرضى لا يحمى الأشخاص عند ملامستهم لوجهين معًا، ولكن يحمى الأشخاص عند ملامسة وجه واحد مع الأرض.

والشكل (٤-٨) يبين طريقة استخدام قاطع التسرب الأرضى ELCB للوقاية من التلامس المباشر فى نظام TNS. ولمزيد من التفصيل انظر الفقرة (٧/٧).



الشكل (٤-٨)

٤ / ٥ / ٢- الوقاية من التلامس غير المتعمد

هناك طريقتان للوقاية من التلامس غير المتعمد للأشخاص مع الأجزاء الحاملة للتيار الكهربى وذلك باستخدام العوارض أو بإبعاد الأجزاء الحاملة للتيار عن متناول اليد .

أولاً : الوقاية باستخدام العوارض.

حيث تمنع هذه العوارض :

١- الاقتراب غير المتعمد للأجزاء الحاملة للتيار .

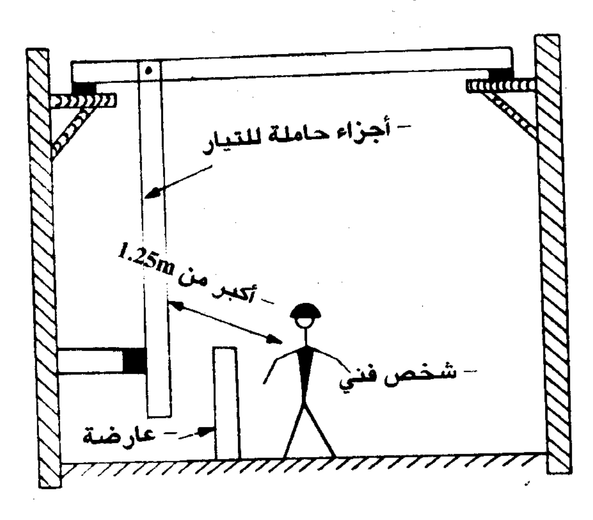
٢- التلامس غير المتعمد مع الأجزاء الحاملة للتيار أثناء التشغيل المعتاد .

والجدير بالذكر أنه يمكن إزالة هذه العوارض بدون استخدام مفاتيح أو أدوات خاصة، ولكن يجب أن تكون ثابتة بشرط أنه لا يمكن رفعها من مكانها عن غير تعمد وهذه العوارض تشتمل على قضبان - شبكات - هياكل .

ثانياً : الوقاية بإبعاد الأجزاء الحاملة للتيار عن متناول اليد .

حيث يتم إبعاد الأجزاء الحاملة للتيار عن مجال اليدين والتى يمكن الوصول إليه باليدين بدون الاستعانة بشىء وذلك فى الأماكن التى يكثر التردد عليها، علماً بأن مجال اليدين يساوى 1.25 m إلى الجوانب وأسفل ويساوى 2.5m لأعلى .

والشكل (٤-٩) يعرض مخططًا توضيحيًا يبين طرق الوقاية من التلامس غير المتعمد باستخدام العوارض، وبإبعاد الأجزاء الحاملة للتيار عن متناول اليد .



الشكل (٤-٩)

٤ / ٥ / ٣- الوقاية من أى تلامس مباشر

هناك ثلاثة طرق للوقاية من أى تلامس مباشر وهم كما يلى :-

الوقاية باستخدام العزل أو الحواجز أو الهياكل

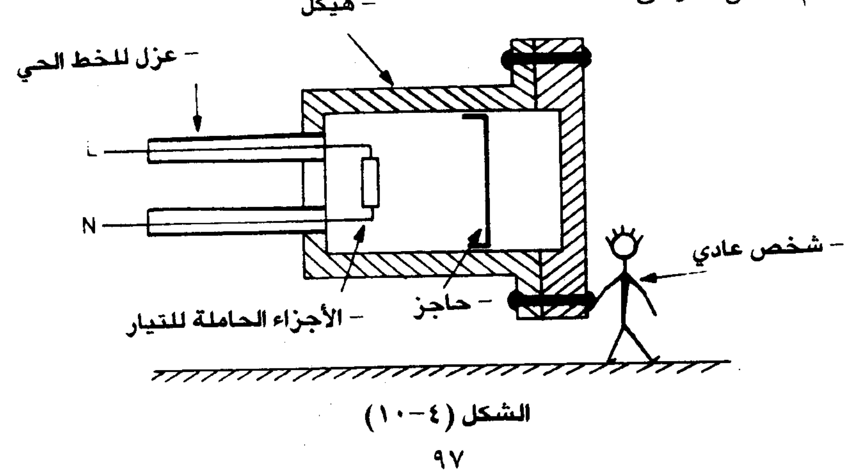
أولاً : الوقاية بعزل الأجزاء الحاملة للتيار

حيث يتم تغطية الأجزاء الحاملة للتيار كليًا بمواد عازلة ويجب أن يخضع العزل للمعدات الصناعية للمواصفات القياسية لهذه المعدات فبعض هذه المعدات تحتاج لعزل يتحمل التأثيرات الميكانيكية والكيميائية والحرارية التى تتعرض لها أثناء الخدمة ولا يعد الورنيش والدهانات عزل ضد التلامس المباشر.

ثانياً الوقاية بالحواجز والهياكل :

حيث توضع الأجزاء الحاملة للتيار داخل هياكل أو خلف حواجز ويجب أن تكون هذه الهياكل أو الحواجز مصممة لمنع وصول أى أجزاء معدنية قطرها أكبر من 12 mm للداخل ويمكن تحقيق ذلك باستخدام أجهزة أو معدات لها درجة وقاية IP2. ويجب أن تكون هذه الأجهزة معدة بحيث لا يمكن فك هياكلها إلا باستخدام العدد والمفاتيح المناسبة وكذلك بعد فصل التيار الكهربى عنها كما أنه لا يمكن إعادة توصيل مصدر القدرة لها إلى بعد تجميع هياكلها.

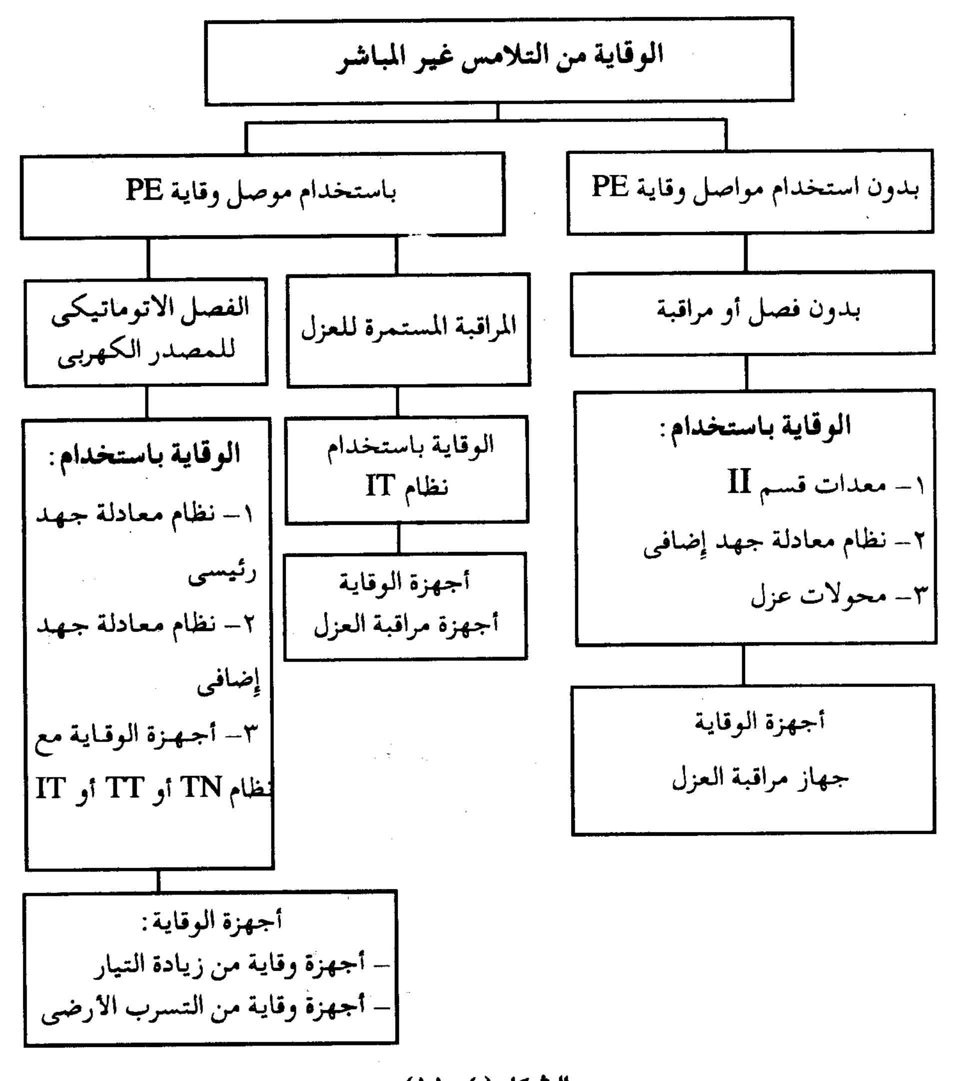
كما أنه فى حالة وجود حاجز داخلى يمنع وصول الأجزاء المعدنية ذات الأقطار الأكبر من 12 mm فإنه لا يمكن فكه إلا باستخدام العدد المناسبة. والشكل (٤-١٠) يبين طرق الحماية من التلامس المباشر بعزل الخطوط الحاملة للتيار وباستخدام حاجز لمنع وصول أى جسم غريب للأجزاء الحاملة للتيار وكذلك باستخدام هيكل خارجى.



الشكل (٤-١٠)

٤ / ٦ – الوقاية من التلامس غير المباشر

يقصد بالتلامس غير المباشر هو تلامس الأشخاص لهياكل المعدات الكهربية أثناء حدوث انهيار داخلى فى العزل أدى إلى اتصال الأجزاء الحاملة للتيار الكهربى بالهياكل المعدنية الأمر الذى يمثل خطورة على الأشخاص إذا لم تتخذ الإجراءات الوقائية بعين الاعتبار. والشكل (٤–١١) يعرض مخططًا صندوقيًا يعطى فكرة عامة عن طرق الوقاية من التلامس غير المباشر.



الشكل (٤–١١)

٤-٧ الوقاية من التلامس غير المباشر بدون فصل التيار الكهربى

يمكن توفير الوقاية من التلامس غير المباشر بدون فصل التيار الكهربى باستخدام أحد العناصر التالية.

١- معدات قسم II.

٢- نظام معادلة جهد إضافى.

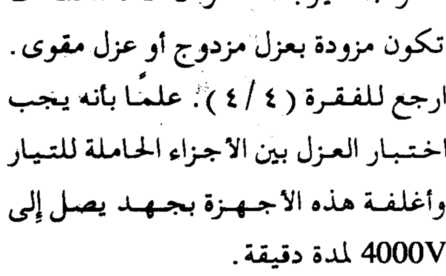
٣- محولات العزل.

أولاً: الوقاية باستخدام معدات قسم II

الشكل (٤-١٢) يبين طريقة توصيل معدة قسم II مع المصدر الكهربى.

ويلاحظ أن خط الوقاية PE لم يوصل مع غلاف هذه المعدة وهذا هو المتبع مع هذه المعدات.

والجدير بالذكر أن هذه المعدات تكون مزودة بعزل مزدوج أو عزل مقوى. ارجع للفقرة (٤/٤). علمًا بأنه يجب اختبار العزل بين الأجزاء الحاملة للتيار وأغلفة هذه الأجهزة بجهد يصل إلى 4000V لمدة دقيقة.



الشكل (٤-١٢)

ثانيًا: الوقاية باستخدام نظام معادلة إضافى

بعض الأحمال مثل: المحركات الكهربية تسحب تيارًا كبيرًا عند البدء؛ لذلك تستخدم قواطع معدة لذلك لا تفصل أثناء البدء، فإذا كان زمن البدء أكبر من 5S فإن هذا يعنى أنه عند حدوث خطأ أثناء البدء فإن القاطع لن يفصل إلا بعد زمن قد يتعدى 5S، وهذا يمثل خطورة على الأشخاص. وللخروج من هذه المشكلة يستخدم نظام معادلة إضافى حيث يتم معادلة جميع الأجزاء المعدنية الموجودة فى المكان الذى يحتوى على آلات تسحب تيارًا كبيرًا عند البدء، وبالتالى عند حدوث قصر مع أحد هياكل هذه الآلات فإن نظام معادلة الجهد يضمن عدم ارتفاع فرق الجهد بين أى جزئين موصلين للتيار الكهربى ليتعدى جهد التلامس المسموح به.

وتتحقق المعادلة 4.1

$$RIa \leq Uc \rightarrow 4.1$$

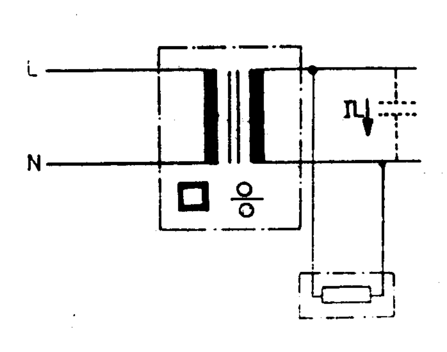
حيث إن

المقاومة بين أى جزئين معدنيين يمكن لمسهم فى نفس الوقت	R
التيار اللازم لفصل أجهزة الحماية فى نظام TN	Ia
جهد التلامس المسموح به وهو أقل من (50Vac)	Uc

والشكل (٤-١٩) يبين طريقة تنفيذ نظام معادلة جهد إضافى .

ثالثًا : الوقاية باستخدام محولات العزل

الشكل (٤-١٣) يبين طريقة الوقاية من التلامس غير المباشر باستخدام محول العزل . والجدير بالذكر أنه ينصح بتقليل أطوال موصلات الجانب الثانوى لمحول العزل مع الأحمال لتقليل تيارات التسرب السعوية فى النظام غير المؤرض، ويجب ألا يتعدى حاصل ضرب الجهد فى الطول بالكيلو متر (100).



الشكل (٤-١٣)

مثال :

إذا كان

U= 220v

L = 45 m

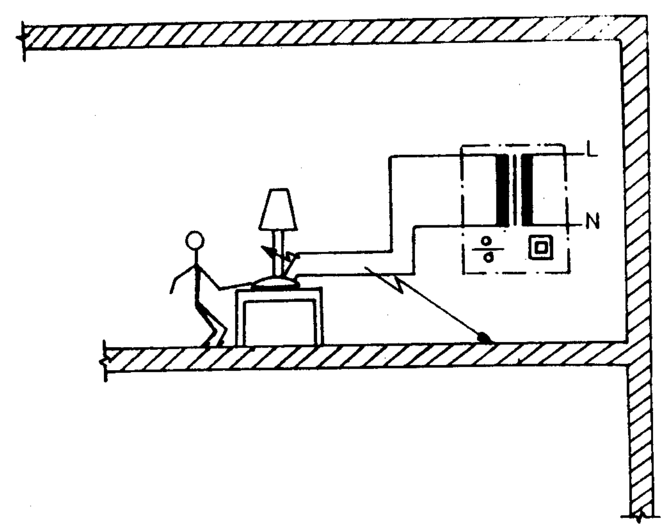
فإن

$$L.U = \frac{45}{1000} \times 220 = 99$$

أى أن حاصل ضرب الطول فى الجهد أقل من 100 ، وهذا يدل على عدم تشكل خطورة من تيارات التسرب .

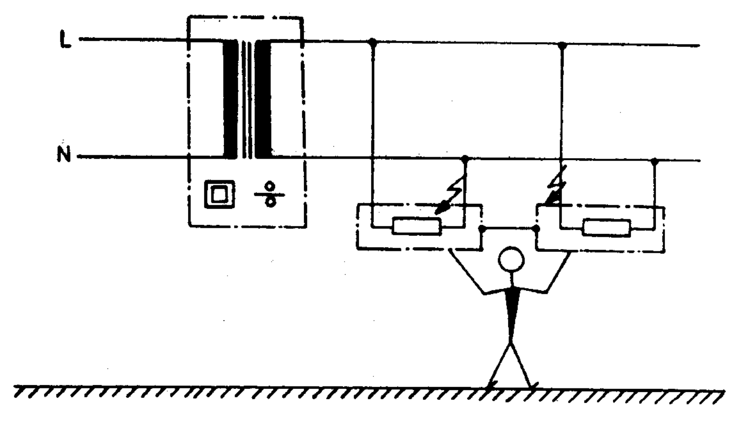
والجدير بالذكر أنه فى حالة استخدام محولات عزل لتغذية أحمال محاطة بوسط

معدنى موصل للتيار الكهربى ينصح بتوصيل هياكل هذه الأحمال مع هذا الوسط بالطريقة المبينة بالشكل (٤-١٤) . ففى حالة حدوث قصرين بالطريقة الموضحة في الشكل نفسه فإن التيار سيمر بين الجهاز والوسط المعدنى المحيط ولا يؤثر على الإنسان .



الشكل (٤-١٤)

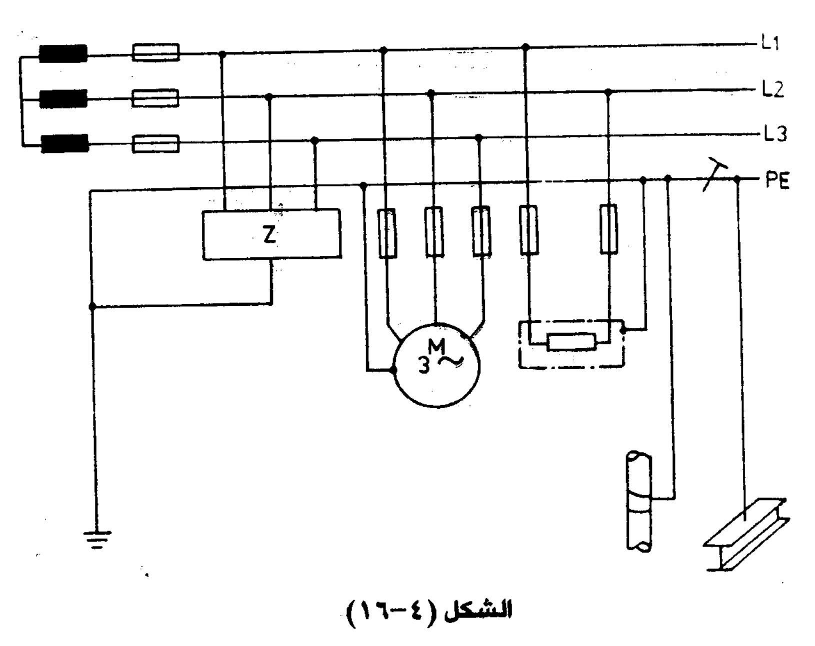
ونشير أيضًا إلى ضرورة توصيل هياكل الأجهزة التى تغذى من نفس محول العزل لمنع حدوث صدمة كهربية للأشخاص عند حدوث قصرين بالطريقة المبينة بالشكل (٤-١٥) .



الشكل (٤-١٥)

٤ / ٨- الوقاية من التلامس غير المباشر بالمراقبة المستمرة للعزل

الشكل (٤-١٦) يبين طريقة توصيل جهاز مراقبة عزل فى نظام IT لمراقبة التسرب الأرضى.



الشكل (٤-١٦)

وعادة تختار المعاوقة الداخلية Z لجهاز مراقبة العزل بحيث يكون تيار الخطأ الأول صغيراً جداً وعادة تساوى (50:60U) حيث U هو جهد الوجه، فإذا كان جهد الوجه 220V تختار Z مساوية **10000 Ω**.

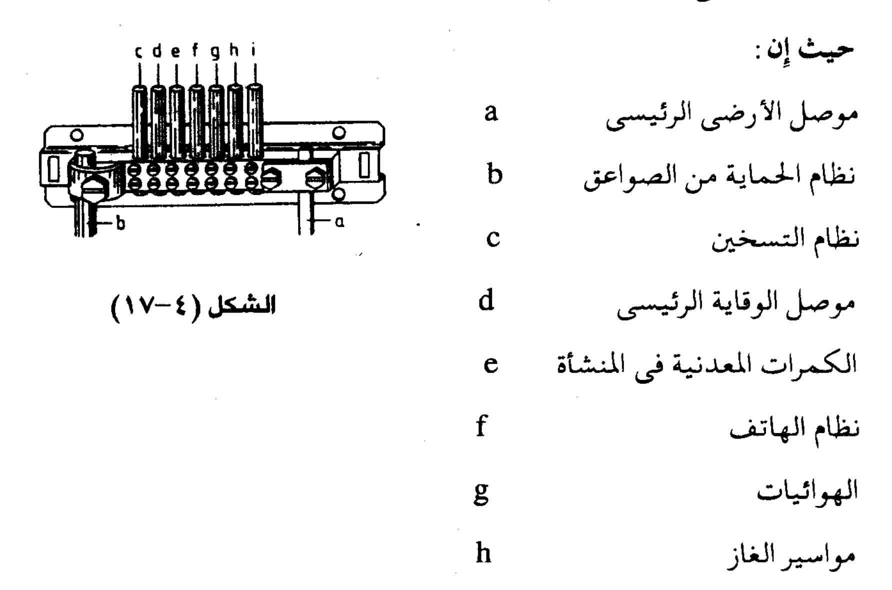
والجدير بالذكر أن أجهزة مراقبة العزل تكون مزودة بتدريج لضبط المعاوقة Z عند القيمة المطلوبة، وكذلك ضاغط تحرير Reset وضاغط اختبار Test. ولمعرفة المزيد عن أجهزة مراقبة العزل ارجع للفقرة (٧ / ٩) وعند حدوث خطأ بين أحد أوجه المصدر الكهربى مع أرضى الحمل تقل المعاوقة بين هذا الوجه وأرضى الحمل فيصدر جهاز المراقبة صوت إنذار لتنبيه المشغلين لاستدعاء فريق الصيانة لعمل اللازم علماً بأن النظام يستمر فى الخدمة إلى أن يحدث قصرين مع وجهين مختلفين مع الأرضى، فى هذه الحالة تفصل مصهرات الحماية.

٤ / ٩- الوقاية باستخدام نظام معادلة الجهد الرئيسى والإضافى

فى كل مبنى أو منشأة يجب استخدام قضيب معادلة الجهد Equipotential bar عند مدخل المصدر الكهربى لتوصيل الأجزاء الموصلة وغير الحاملة للتيار الكهربى مثل:

- موصل الوقاية الرئيسى.
- موصل الأرضى الرئيسى.
- مواسير الماء – مواسير الغاز – أجهزة التكييف – نظام الحماية من الصواعق.
- الأجزاء المعدنية فى المنشأة مثل: شبكة الماء والكمرات المعدنية فى المنشأة.

والشكل (٤-١٧) يعرض نموذجًا لقضيب معادلة جهد والذى يوضع عند مدخل المصدر الكهربى للمنشأة بجوار العداد.



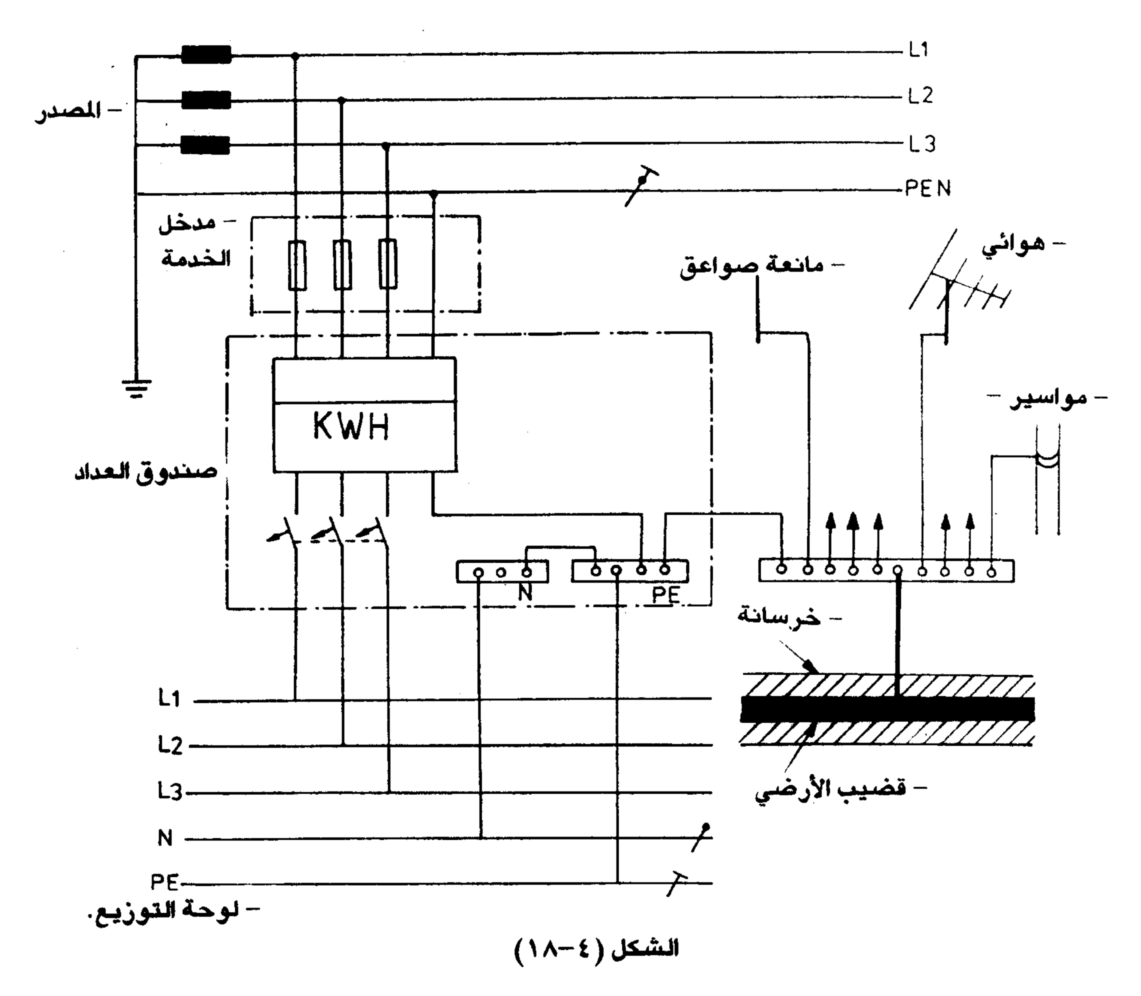
الشكل (٤-١٧)

حيث إن:

موصل الأرضى الرئيسى	a
نظام الحماية من الصواعق	b
نظام التسخين	c
موصل الوقاية الرئيسى	d
الكمرات المعدنية فى المنشأة	e
نظام الهاتف	f
الهوائيات	g
مواسير الغاز	h
مواسير الماء	i

وعادة يوضع قضيب معادلة الجهد على ارتفاع 30 cm من الأرضى فى مدخل المنشأة بجوار صندوق المصهرات الرئيسية داخل غرفة الخدمة إن وجدت.

والشكل (٤-١٨) يوضح طريقة استخدام قضيب معادلة الجهد.



الشكل (٤-١٨)

ويعتبر نظام معادلة الجهد الرئيسى هام بالنسبة لنظام TN، وكذلك نظام IT ،فى حين أن نظام معادلة الجهد الرئيسى غير ضرورى لنظام TT وكذلك نظام IT إذا تم تأريض كل جهاز بمفرده.

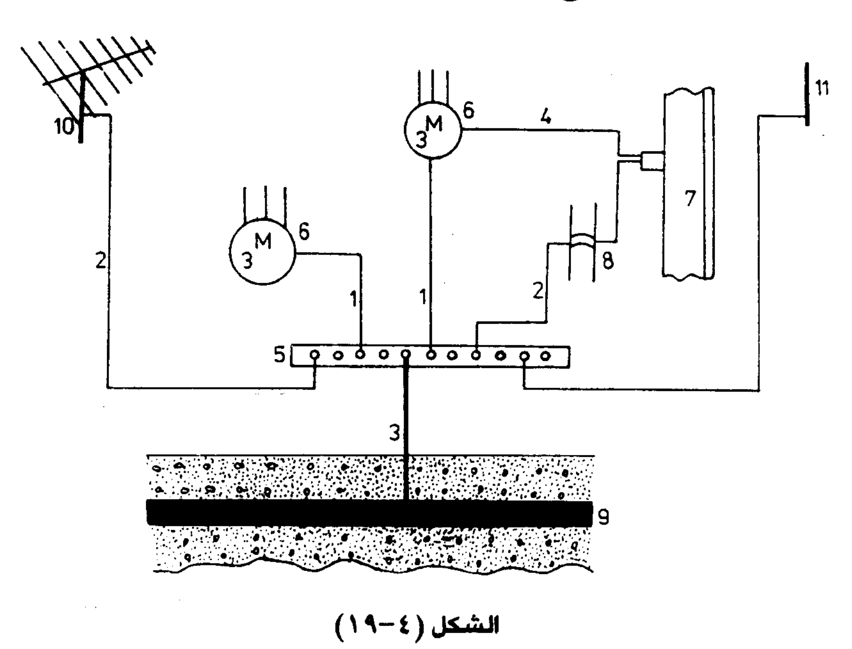
ويعمل نظام معادلة الجهد الرئيسى على تقليل جهد التلامس أثناء حدوث الأخطاء مما يوفر الوقاية للأشخاص من الصدمة الكهربية.

والجدير بالذكر أنه إذا لم يتحقق الفصل الأتوماتيكى للمصدر الكهربى باستخدام نظام معادلة الجهد الرئيسى عند حدوث خطأ يجب استخدام نظام معادلة جهد إضافى، ويمكن عمل ذلك بالنسبة لجزء من المنشأة على سبيل المثال: الحمامات وحمامات السباحة أو للمنشأة كلها.

وينصح بعمل نظام معادلة جهد إضافى فى أنظمة TN وأنظمة IT الطويلة والتى لها معاوقة مسار خطأ كبيرة لا تحقق فصل أجهزة الحماية فى زمن الفصل الآمن وهو 5S بحد أقصى.

أما الأحمال التى ينصح باستخدام نظام معادلة الجهد الإضافى معها هى المحركات الكهربية التى تسحب تيار بدء كبير لمدة زمنية أطول من 5S.

والشكل (٤-١٩) يوضح العلاقة بين نظام معادلة الجهد الرئيسى والإضافى.



الشكل (٤-١٩)

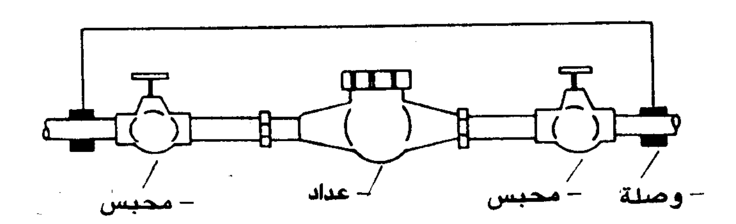
حيث أن:

موصل الوقاية PE	1
موصلات نظام معادلة الجهد الرئيسى	2
موصل الأرضى	3
موصلات نظام معادلة الجهد الإضافى	4
قضيب معادلة الجهد الرئيسى	5
الهياكل المعدنية للأجهزة الكهربية	6

الأجزاء الموصلة والخطرة مثل الكمرات المعدنية	7
مواسير الماء	8
قطب أرض مدفون فى الخرسانة	9
هوائى التلفزيون	10
مانعة الصواعق	11

وتجدر الإشارة إلى أنه من الضرورى عمل وصلات تخطى لعدادات الماء وكذلك جميع الوصلات البلاستيكية فى مواسير الماء المتصلة بنظام معادلة الجهد الرئيسى للوقاية من الصدمة الكهربية.

والشكل (٤-٢٠) يوضح طريقة عمل وصلة تخطى على عداد ماء.



الشكل (٤-٢٠)

وعادة تستخدم قوامط بمسامير **Clamps** لربط مواسير الماء وهوائيات التلفزيون ومانعات الصواعق والكمرات المعدنية.. إلخ مع موصلات نظام معادلة الجهد الرئيسى والإضافى، مع مراعاة أن يكون معدن هذه القوامط يشابه معدن الأجزاء المطلوب ربطها، وفى حالة اختلاف معادن الأجزاء المطلوب ربطها يستخدم قوامط ثنائية المعدن.

كما أنه يجب اختيار شكل القوامط بما يتلائم مع الأجزاء المطلوب ربطها.

٤ / ١٠ - الوقاية من التلامس غير المباشر باستخدام أجهزة الوقاية

يعتمد اختيار أجهزة الوقاية للوقاية من التلامس غير المباشر على نوع النظام IT أو TT أو TN. وفى الفقرات التالية سنتناول أجهزة الوقاية المستخدمة للوقاية من التلامس غير المباشر لكل نظام على حدة.

٤ / ١٠ / ١ - استخدام أجهزة الوقاية فى نظام TN

يجب اختيار كل من أجهزة الوقاية ومساحة مقطع الموصلات بحيث إنه عند حدوث قصر بمعاوقة مهملة فى أى مكان فى الدائرة بين أحد الأوجه وخط الوقاية PE أو أى هيكل يحدث فصل ذاتى لجهاز الوقاية فى الزمن المحدد ولتحقيق ذلك يجب تحقق المعادلة 4.1 .

$$Zs\ Ia \leq U \rightarrow 4.1$$

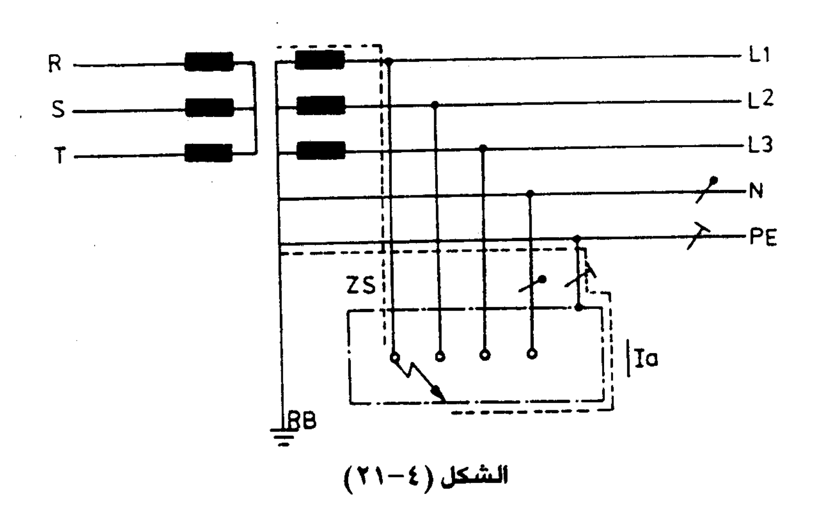
حيث إن :

معاوقة مسار الخطأ	Zs
التيار الذى يضمن فصل جهاز الوقاية فى الزمن المحدد	Ia
فرق الجهد بين أحد الأوجه وخط التعادل	U

أما معاوقة مسار الخطأ تتضمن المصدر الكهربى وموصلات الأوجه وصولاً لنقطة الخطأ، وكذلك خط الوقاية PE من نقطة الخطأ إلى المصدر، وهذا مبين بالشكل (٤-٢١).

والجدير بالذكر أن معاوقة الخطأ Z_S فى نظام TN لا تعتمد على مقاومة قطب الأرضى. ويمكن حساب Z_S فى حالة التركيبات الجديدة ويمكن قياسها فى حالة التركيبات القديمة (ارجع للفقرة ١٠ / ٥) وفيما يلى قيم Z_S المحسوبة لنظام TN .

فى المناطق الريفية	600 mΩ
فى المدن	900 mΩ
فى المناطق الصناعية	10 mΩ



الشكل (٤-٢١)

وبخصوص زمن الفصل الأقصى المسموح به فإنه يساوى :

0.2S للدوائر التى تيارها 35 A والتى تغذى برايز

0.2S للدوائر التى تغذى معدات كهربية قسم I (Class I)
والتى تمسك باليد أو المعدات المحمولة .

5S لجميع الدوائر الأخرى .

وتستخدم أجهزة الوقاية التالية فى نظام TN

– أجهزة الوقاية من زيادة التيار قواطع – مصهرات .

– أجهزة الوقاية من التسرب الأرضى ELCB

وسوف نتناول أجهزة الوقاية بالتفصيل فى الباب السابع.

والجدير بالذكر أنه من شرط عمل أجهزة الوقاية من زيادة التيار تحقق المعادلة 4.1 ومن شرط عمل أجهزة الوقاية من التسرب الأرضى تحقق المعادلة 4.2 .

$Z_S \, I_{\Delta N} \leq U_c \rightarrow 4.2$

حيث إن

معاوقة مسار الخطأ	Z_S
تيار التسرب المقنن للقاطع	$I_{\Delta N}$

أقصى جهد تلامس مسموح به ويساوى   Uc

50Vac أو 120 vdc

والشكل (٤-٢٢) يبين طرق استخدام أجهزة الوقاية فى نظام TN-c (الشكل أ) ونظام TNCS (الشكل ب).

حيث إن :

مصطهرات للوقاية من زيادة التيار F_1

قاطع تسرب أرضى F_2

الشكل (٤-٢٢)

٤ / ١٠ / ٢ - استخدام أجهزة الوقاية فى نظام TT

يجب اختيار كل من أجهزة الوقاية ومساحة مقطع الموصلات بحيث إنه عند حدوث قصر مع أحد الأوجه وخط الوقاية PE تتحقق المعادلة 4.3

$$Zs\ Ia \leq Uc \rightarrow 4.3$$

حيث إن :

معاوقة مسار الخطأ   Zs

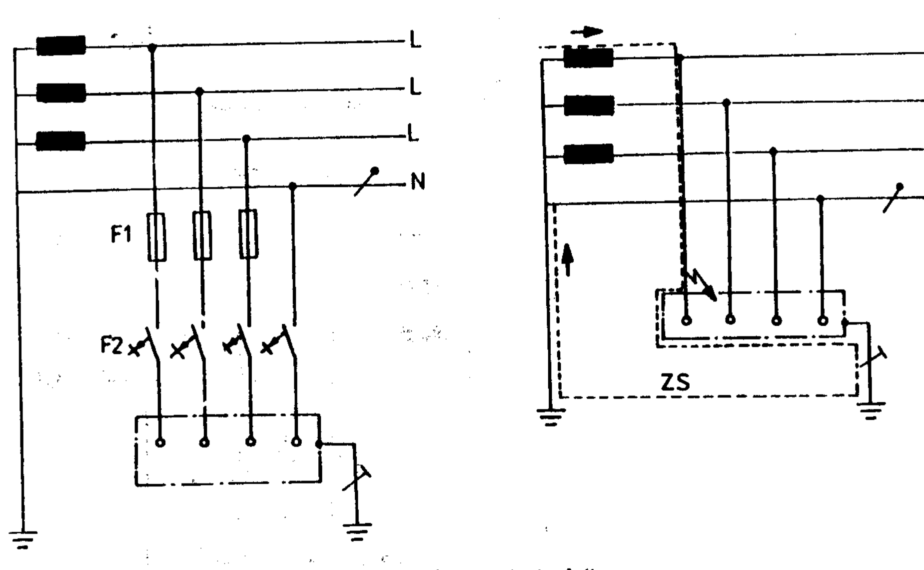
التيار الذى يضمن فصل جهاز الوقاية من زيادة التيار فى الزمن المحدد   Ia

جهد التلامس المسموح به ويساوى (50Vac)   Uc

وتحقق المعادلة 4.2 عند استخدام قاطع تسرب أرضى.

والشكل (٤-٢٣) يبين معاوقة مسار الخطأ Zs فى نظام TT (الشكل أ).

وكذلك طريقة استخدام أجهزة الوقاية مع نظام TT (الشكل ب).



الشكل (٤-٢٣)

٤ / ١٠ / ٣ - استخدام أجهزة الوقاية لنظام IT

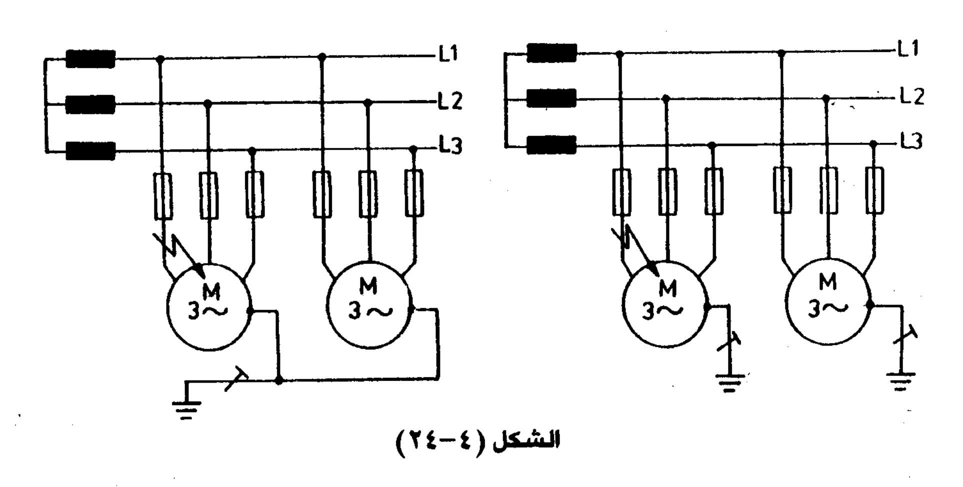
يجب اختيار أجهزة الوقاية ومساحة مقطع الأسلاك بحيث إنه عند حدوث خطأين مع وجهين وخط الوقاية PE تحقق المعادلة 4.1، ويستخدم مع نظام IT أجهزة الوقاية والمراقبة التالية:

- أجهزة مراقبة العزل Insulation monitoring.
- أجهزة الوقاية من زيادة التيار.
- أجهزة الوقاية من التسرب الأرضى.

وفيما يلى أهم مميزات نظام IT:

عند حدوث خطأ أول فى النظام نتيجة لتلامس أحد الأوجه مع أرضى الحمل لا

يحدث انقطاع للتيار الكهربى ولكن يحدث انذار ضوئى وصوتى من جهاز مراقبة العزل (انظر الشكل ٤-١٦)، وفى هذه الحالة يعمل النظام كما لو كان نظام TN إذا كانت جميع الأجهزة مؤرضة بأرضى واحد، ويعمل النظام كنظام TT إذا كان كل جهاز أو كل مجموعة من الأجهزة مؤرضة بأرضى خاص ولن يحدث قطع للتيار الكهربى عن الحمل إلا بعد الخطأ الثانى. والشكل (٤-٢٤) يوضح ذلك علمًا بأن جهاز مراقبة العزل غير مبين فى هذا الشكل.



الشكل (٤-٢٤)

فالشكل (أ) يبين نظام IT يستخدم أرضى واحد لكل حمل ويتحول هذا النظام لنظام TT عند الخطأ الأول.

والشكل (ب) يبين نظام IT يستخدم أرضى واحد لكل الأحمال ويتحول هذا النظام لنظام TN عند حدوث الخطأ الأول.

٤ / ١١ - ملاحظات تراعى للوقاية من التلامس المباشر وغير المباشر

١- التلامس المباشر لوجهين من أوجه المصدر الكهربى يؤدى لصدمة كهربية بلا شك ولا يستطيع أى جهاز حماية فصل التيار الكهربى فى هذه الحالة.

٢- التلامس المباشر لوجه وجزء موصل فى المبنى بسبب صدمة كهربية إذا لم يستخدم قاطع تسرب أرضى.

٣- التلامس المباشر لوجه يمثل خطورة فى حالة عدم استخدام قاطع تسرب أرضى وذلك إذا لم تكن درجة عزل الشخص عن الأرض عالية، لذلك ينصح بارتداء الفنيين أحذية عازلة.

٤- الخطورة المشكلة من ملامسة الهياكل غير المؤرضة تعتمد على مقدار عزل الإنسان عن الأرض، وتقل الخطورة إذا كان الشخص يرتدى حذاء عازل.

٥ - عند استخدام نظام TNCS أو TNC يجب التأكد من استمرارية خط PEN، واستمرارية وصول خط الوقاية PE للأجهزة، علماً بأن الصدمة الكهربية تحدث عند انقطاع خط PEN أو خط PE مع حدوث قصر داخلى داخل أى جهاز.

٦- يمنع إعادة جمع خط التعادل N مع خط الوقاية PE لنظام TNCS بعد قاطع التسرب الأرضى فى نظام TNCS؛ لأن ذلك يؤدى إلى فصل القاطع بصفة مستديمة كلما زاد تيار الحمل عن تيار التسرب الأرضى المقنن للقاطع ولن يعمل القاطع بطريقة صحيحة.

٧- عند استخدام نظام TT يجب التأكد من جودة أرضى الحمل لأن الأرضى غير الجيد للحمل يمثل خطورة حقيقية للأشخاص عند حدوث قصر داخلى لأحد الأحمال، ويمكن الخروج من هذه المشكلة باستخدام قاطع تسرب أرضى.

٨- فى نظامTT يمنع بتاتاً توصيل أرضى الحمل مع لوحة الخدمة الموجودة فى مدخل المنشأة لأنه يحتمل حدوث قصر لأرضى الحمل مع أحد الأوجه وهذه الحالة فى غاية الخطورة على الأشخاص.

٩- يجب استخدام أرضى جيد فى نظام IT للحمل لأن وجود أرضى سيء للحمل يمثل خطورة محققه للأشخاص.

١٠- يجب تأريض جميع الأجهزة التى يتم تغذيتها من نظام IT.

١١- عند استخدام محول ذاتى فى الدائرة يجب استخدام قاطع تسرب أرضى قبله.

الباب الخامس

الموصلات والكابلات

الموصلات والكابلات

٥ / ١ - الكابلات Wiring Cables

فى هذا الباب سوف نركز على الكابلات المستخدمة في الجهود التى لا تتعدى 1KV والمستخدمة في التركيبات الكهربية والتى يطلق عليها Wiring Cables . ويمكن تقسيم الكابلات بصفة عامة إلى :

١ - كابلات أحادية القلب وتسمى موصلات Conductors .

٢ - كابلات متعددة القلوب Multi Core Cables .

وتتكون كابلات الجهود المنخفضة التى تعمل عند جهود أقل من 1KV من:

١ - قلب معدنى Core وهو المسئول عن حمل التيار الكهربى، ويكون إما مصمتًا أو من شعيرات، ويصنع من النحاس أو الألومنيوم لموصليتهما العالية للتيار الكهربى.

٢ - العازل Insulation ويقوم بعزل القلب المعدنى من الوسط المحيط بالكابل، ويصنع العازل من أحد المواد العازلة. وهناك العديد من المواد العازلة المستخدمة مع كابلات الجهد المنخفض أهمها المواد البوليمرية Polymeric material .

٣ - الفرشة والغلاف المعدنى والتدريع.

٥ / ١ / ١ - القلوب المعدنية

إن أهم المعادن في صناعة القلوب هى النحاس والألومنيوم .

أولاً: القلوب النحاسية

تستخدم القلوب النحاسية كقلب مصمت حتى مساحة مقطع $16mm^2$، وعادة يكون النحاس المستخدم في هذه الحالة من النوع المخمر حتى يكون طريًا، أما مساحات المقاطع الأكبر من $16mm^2$ فعادة تكون القلوب النحاسية مكونة من مجموعة من شعيرات النحاس المجدولة معًا فوق بعضها في طبقات. والغرض من

الموصلات والكابلات

٥ / ١ - الكابلات Wiring Cables

فى هذا الباب سوف نركز على الكابلات المستخدمة في الجهود التى لا تتعدى 1KV والمستخدمة في التركيبات الكهربية والتى يطلق عليها Wiring Cables.

ويمكن تقسيم الكابلات بصفة عامة إلى :

١ - كابلات أحادية القلب وتسمى موصلات Conductors.

٢ - كابلات متعددة القلوب Multi Core Cables .

وتتكون كابلات الجهود المنخفضة التى تعمل عند جهود أقل من 1KV من:

١ - قلب معدنى Core وهو المسئول عن حمل التيار الكهربى، ويكون إما مصمتًا أو من شعيرات، ويصنع من النحاس أو الألومنيوم لموصليتهما العالية للتيار الكهربى.

٢ - العازل Insulation ويقوم بعزل القلب المعدنى من الوسط المحيط بالكابل، ويصنع العازل من أحد المواد العازلة. وهناك العديد من المواد العازلة المستخدمة مع كابلات الجهد المنخفض أهمها المواد البوليمرية Polymeric material .

٣ - الفرشة والغلاف المعدنى والتدريع.

٥ / ١ / ١ - القلوب المعدنية

إن أهم المعادن في صناعة القلوب هى النحاس والألومنيوم .

أولاً: القلوب النحاسية

تستخدم القلوب النحاسية كقلب مصمت حتى مساحة مقطع $16mm^2$، وعادة يكون النحاس المستخدم في هذه الحالة من النوع المخمر حتى يكون طريًا، أما مساحات المقاطع الأكبر من $16mm^2$ فعادة تكون القلوب النحاسية مكونة من مجموعة من شعيرات النحاس المجدولة معًا فوق بعضها في طبقات. والغرض من

شكل مسحوق أبيض، وتتميز هذه المادة بأنها لا تتأثر بالزيوت المعدنية والعديد من المذيبات والقلويات والأحماض، وهى مادة غير قابلة للاشتعال؛ ويعاب عليها أنها تصبح مرنة عند درجات الحرارة الأكبر من $80^{\circ}C$ لذلك فإن الكابلات المعزولة بمادة PVC يجب منع ارتفاع درجة حرارتها عن $70^{\circ}C$.

ب - البولى إيثيلين PE وله خواص كهربية أقل من PVC ويستخدم كعازل على نطاق ضيق، وهو يستخدم لعمل طبقة حماية الكابل, ويوجد منه نوعان الأول، منخفض الكثافة وأعلى درجة حرارة يتحملها $70^{\circ}C$ والثانى: عالى الكثافة وأعلى درجة حرارة يتحملها $115^{\circ}C$.

ثانيًا: الجوامد الحرارية

أهم أنواع الجوامد الحرارية المستخدمة فى صناعة الكابلات ما يلى:

أ - المطاط Rubber: وهناك نوعان من المطاط: مطاط طبيعى مستخرج من الأشجار ويستخدم على نطاق ضيق في العزل لأن أقصى درجة حرارة تشغيل لة $60^{\circ}C$، ومطاط صناعى يسمى بمطاط البوتيل Butyl ويتميز بمقاومته للزيوت والشحوم، لذلك تصنع منه عوازل كابلات السفن وإن كان هذا المطاط لا يستخدم فى صورته النقية؛ حيث يضاف عليه بعض الإضافات للتحسين من خواصه مثل: مطاط الإيثيلين بروبلين EPR والذى له خواص كهربية جيدة عدا أنه قابل للاشتعال، لذلك تحتاج الكابلات ذات عوازل مطاط الإيثيلين بروبلين لحماية خارجية وتصل درجة الحرارة القصوى لمطاط EPR لدرجة $90^{\circ}C$.

ب - البولى ايثيلين التشابكى XLPE: وتعد هذه المادة من أشهر الجوامد الحرارية المستخدمة في عوازل الكابلات، ويتحمل XLPE درجات حرارة تصل إلى $90^{\circ}C$ كما أنه يتحمل درجات الحرارة التى تنتج عند القصر والتى تصل إلى $250^{\circ}C$ لفترة زمنية قصيرة.

وعادة يستخدم XLPE كعازل للكابلات التى تعمل عند الجهود التى تزيد عن 66KV إلا إنه يستخدم أيضا كعازل للكابلات التى تعمل عند الجهود الأقل من 1KV وبالطبع هذا يؤدى لزيادة سعر الكابل؛ إلا إنه مفيد جداً في بعض

الاستخدامات . ويعاب على عوازل XLPE قساوتها الأمر الذى يؤدى لصعوبة ثنيها وتداولها في المسارات الضيقة .

٥ / ١ / ٣ - الفرشة والغلاف المعدنى والتدريع

أولاً : الفرشة

تقوم الفرشة بإعطاء الكابل الشكل المستدير وهى تصنع من مواد عازلة مثل PVC, PE, EPR، وتحيط الفرشة طبقه العزل للكابل .

ثانيًا : الغلاف المعدنى

عادة يستخدم الغلاف المعدنى مع الكابلات التى تعمل عند جهود أعلى من 1KV وهو يعمل على حمل تيار الخطأ الأرضى للكابل أثناء حدوث خطأ أرضى، ويصنع الغلاف المعدنى عادة من الرصاص، ويحيط الغلاف المعدنى طبقة الفرشة للكابل .

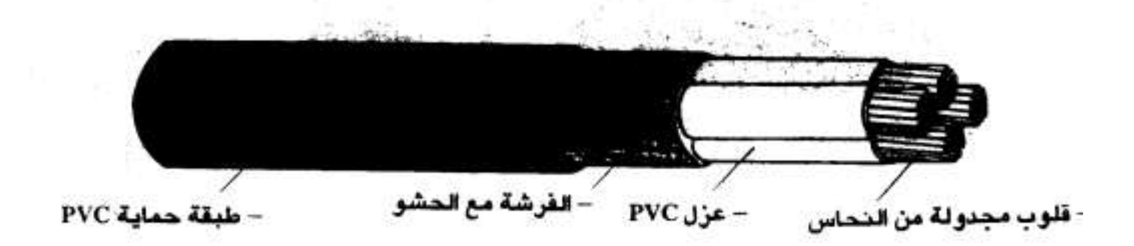
ثالثًا : التدريع

توضع طبقة تدريع علي الكابلات لتوفير الحماية الميكانيكية للكابل، إلى جانب ذلك فإنها تحمل تيارات الخطأ تمامًا مثل الغلاف المعدنى، وهى تصنع من شرائط من الصلب الطرى بسمك (0.5 : 0.8mm)أو أسلاك من الصلب المجلفن .

٥ / ١ / ٤ - طبقة الحماية الخارجية

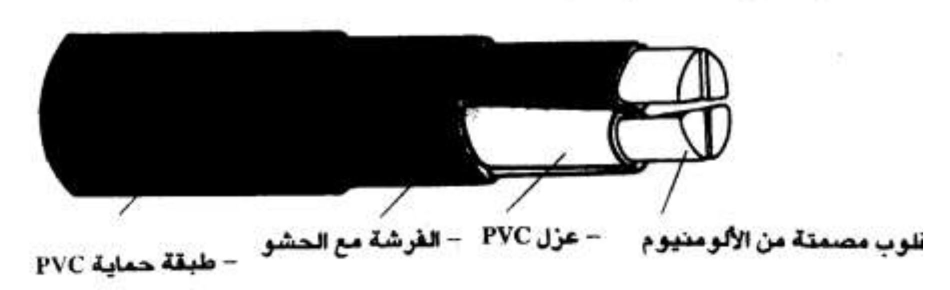
تستخدم طبقة الحماية الخارجية لحماية عوازل الكابلات من عوامل البيئة الخارجية، وتصنع طبقة الحماية من طبقة من PVC والذى يتميز بخواص كيميائية جيدة ومقاومته للمواد العضوية الموجودة في التربة إلا أن المحاليل الهيدروكربونية تدمر عوازل PVC لذلك ينصح بتجنب تمديد كابلات PVC فى الأماكن التى يوجد بها هذه المحاليل، وعند الحاجة لمادة قاسية لطبقة الحماية الخارجية تستخدم مادة البولى ايثلين عالية الكثافة HPDE وهى أحد أنواع اللدائن الحرارية التى تتلدن عند درجات حرارة أعلى من $115^{\circ}C$ ويعاب على هذه المادة صلادتها التى تعوق عملية ثنيها .

والشكل (٥ – ١) يعرض نموذجًا لكابل بأربعة قلوب مجدولة وبعزل وبطبقة حماية خارجية مصنوعين من PVC



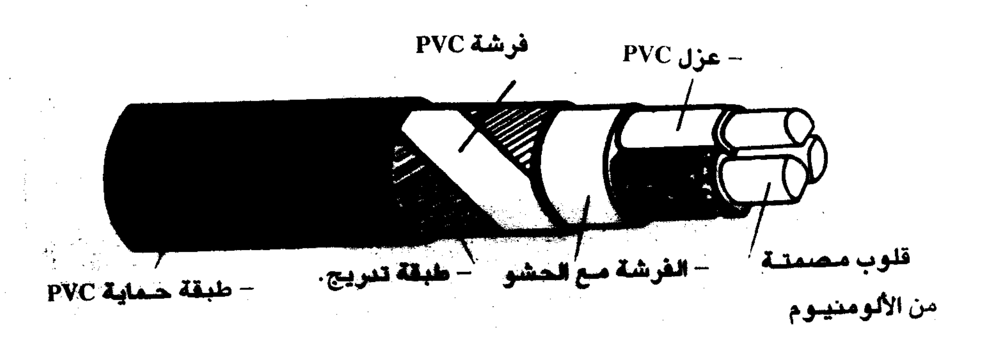
الشكل (٥ – ١)

والشكل (٥ – ٢) يعرض نموذجًا آخر لكابل بأربعة قلوب مصمتة وبعزل وبطبقة حماية خارجية مصنوعة من PVC.



الشكل ٥ – ٢

والشكل (٥ – ٣) يعرض نموذجًا آخر لكابل بثلاثة قلوب مصمتة وبعزل وبفرشة PVC، ومزود بطبقة تدريع من أسلاك من الصلب المجلفن وطبقة خدمة خارجية مصنوعة من PVC .



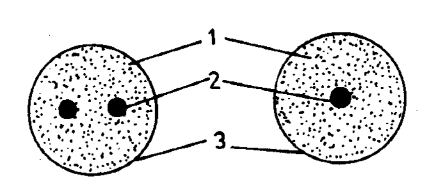
الشكل (٥ – ٣)

٥ / ٢ – الكابلات ذات العزل المعدنى Mineral - Insulated

تتكون هذه الكابلات من قلوب مصمتة موضوعة داخل أنبوبة من نفس معدن القلب، وتملأ هذه الأنبوبة بأكسيد الماغنسيوم والذى يتميز بعدم تأثره بارتفاع درجة الحرارة ولا بعامل التقادم، ولكنه يتأثر تأثراً بالغًا بالرطوبة لذلك عند تركيب الكابلات ذات العزل المعدنى يجب أخذ كافة الاحتياطات لمنع وصول الرطوبة للعزل (أكسيد الماغنسيوم).

والشكل (٥ – ٤) يبين عدة قطاعات لكابلات ذات عزل معدنى تعمل عند جهد 220V , 380V , 660V .

وتتميز هذه الكابلات بأنها معدة لتمديدها على أى سطح فهى مزودة بحماية ميكانيكية كما أنها لا تتأثر بدرجات الحرارة العالية ولا بالزيوت ولكن بعض الأحماض تسبب صدأ للكابلات، كما أنه يمكن استخدام طبقة الحماية الخارجية للكابل كموصل أرضى.



الشكل (٥ – ٤)

وفيما يلى محتويات الشكل (٥ – ٤):

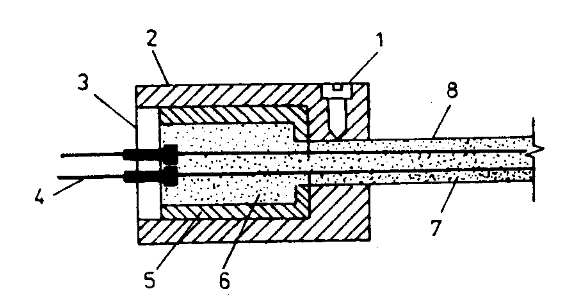
أكسيد الماغنسيوم ويعتبر مادة عازلة [1]

قلب مصمت من النحاس [2]

طبقة حماية من النحاس أو الألومنيوم [3]

والشكل (٥ – ٥) يبين طريقة عمل أطراف نهايات للكابلات المعدنية .

حيث إن :



الشكل (٥ – ٥)

مسمار تثبيت [1]

جلانـــــــــد [2]

قرص من الفيبر [3]

أطراف توصيل [4]

صندوق معزول يربط مع نهاية الكابل [5]

مادة عازلة (أكسيد الماغنسيوم) [6]

أكسيد الماغنسيوم [7]

طبقة خارجية من النحاس أو الألومنيوم [8]

٥ / ٣ – اختيار مساحة مقطع الموصلات

لاختيار مساحة مقطع الموصلات المناسبة تأخذ المتطلبات التالية بعين الاعتبار :

١ – استغلال أحسن سعة تيارية للكابل.

٢ – عدم تعدى فقد الجهد المسموح به(2.5%) .

٣ – عدم تعدى درجة حرارة الموصل المسموح بها عند القصر.

وبمجرد معرفة تيار الحمل فإنه يمكن تعيين مساحة المقطع التى تحقق المتطلب الأول، ثم بعد ذلك ينصح بعمل اختبار للتأكد من صحة تحقق المتطلب الثانى والثالث.

٥ / ٣ / ١ – اختيار مساحة المقطع للحصول على أحسن سعة تيارية

تعتمد شدة التيار المار في الكابل على نوع التيار (متردد– مستمر) ونوع الدائرة التى يستخدم فيها الكابل (أحادية الوجه – ثلاثية الوجه) والمعادلات , 5.2 , 5.1 5.3 تستخدم لتعيين شدة التيار.

١ - تيار مستمر

$$I = \frac{P}{U} \ (A) \longrightarrow 5.1$$

٢ - تيار متردد بدائرة أحادية الوجة

$$I = \frac{P}{U \cos\phi} \ (A) \longrightarrow 5.2$$

٣ - تيار متردد بدائرة ثلاثية الوجة

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} U \cos\phi} \ (A) \longrightarrow 5.3$$

حيث إن :

القدرة المسحوبة	(W)	P
شدة التيار المار	(A)	I
الجهد	(V)	U
معامل القدرة		Cosϕ

علمًا بأن I هو تيار الوجه في حالة الأحمال الأحادية الوجه وتيار الخط في حالة الأحمال الثلاثية الوجه، أما U هى جهد الوجه في حالة الأحمال الأحادية الوجه وجهد الخط في حالة الأحمال الثلاثية الوجه.

والجدول (٥ - ١) يعطى مساحة مقطع الموصلات تبعًا لتيار الحمل وطريقه التمديد عند درجة حرارة محيطة $30\mathring{C}$.

الجدول (٥ - ١)

مساحة المقطع	المجموعة 1				المجموعة 2				المجموعة 3			
	تيار الكابل		* جهاز الوقاية		تيار الكابل		* جهاز الوقاية		تيار الكابل		* جهاز الوقاية	
	CU	Al	CU	Al	CU	Al	CU	Al	CU	Al	CU	Al
mm^2	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
0.75	--	--	--	--	12	--	6	--	15	--	10	--
1.0	11	--	6	--	15	--	10	--	19	--	10	--
1.5	15	--	10	--	18	--	10**	--	24	--	20	--
2.5	20	15	16	10	26	20	20	16	32	26	25	20
4	25	20	20	16	34	27	25	20	42	33	35	25
6	33	26	25	20	44	35	35	25	54	42	50	35
10	45	36	35	25	61	48	50	35	73	57	63	50
16	61	48	50	35	82	64	63	50	98	77	80	63
25	83	65	63	50	108	85	80	63	129	103	100	80
35	103	81	80	63	135	105	100	80	158	124	125	100
50	132	103	100	80	168	132	125	100	198	155	160	125
70	165	--	125	--	207	163	160	125	245	193	200	160
95	197	--	160	--	250	197	200	160	292	230	250	200
120	235	--	200	--	292	230	250	200	344	268	315	200
150	--	--	--	--	335	263	250	200	391	310	315	250
185	--	--	--	--	382	301	315	250	448	353	400	315
240	--	--	--	--	453	357	400	315	528	414	400	315
300	--	--	--	--	504	409	400	315	608	479	500	400
400	--	--	--	--	--	--	--	--	726	569	630	500
500	--	--	--	--	--	--	--	--	830	649	630	500

حيث إن :

المجموعة 1 كابل أو عدة كابلات بقلب واحد ممدة داخل قناة.

المجموعة 2 كابلات متعددة القلوب مثل: كابلات PVC والكابلات المدرعة والكابلات المغلفة بالرصاص والكابلات الشريطية.

المجموعة 3 كابلات موضوعة في الهواء بعزل XLPE بحيث إن المسافة بين أى كابلين متجاورين لا تقل عن قطر إحداهما.

* عند استخدام أجهزة وقاية قابلة للمعايرة مثل قواطع المحركات يضبط القاطع على تيار التحميل للموصل.

** يمكن استخدام أجهزة حماية 16A مع الموصلات الثنائية القلب.

A1 ألومنيوم.

CU نحاس.

والجدير بالذكر أنه يمكن استخدام الجدول (٥ – ١) في تعيين قاطع الحماية المناسب لحماية الكابل.

والجدول (٥ – ٢) يعطى مساحة مقطع موصلات الوقاية PE الصغرى تبعًا لمساحة مقطع موصلات الأوجه وكذلك تبعًا لنوع الكابل المستخدم.

وهناك احتمالان:

١ – أن يكون موصل الوقاية هو أحد موصلات كابل متعدد القلوب.

وهناك نوعان من الكابلات هما: كابلات قدرة معزولة بثلاثة أو خمسة موصلات، مساحة، مقطع موصلات الأوجه بها ما بين ($0.5:185mm^2$)، أو كابلات بأربعة موصلات مساحة مقطع موصلات الأوجه بها ما بين ($1.5:400mm^2$).

٢ – أن يكون موصل الوقاية ممدداً بمفرده بدون حماية (على الأرض مباشرة) أو محمياً (ممدداً داخل مواسير أو قنوات).

الجدول (٥ - ٢)

موصل الوجه mm^2	موصلات وقاية أو موصل PEN (1)		موصل الوقاية ممدد بمفرده (3)		
	كابل قدرة معزول mm^2	كابلات بأربعة قلوب mm^2	محمى mm^2 Cu	Al	بدون حماية (2) mm^2 Cu
up to 0.5	0.5	--	2.5	4	4
0.75	0.75	--	2.5	4	4
1	1	--	2.5	4	4
1.5	1.5	1.5	2.5	4	4
2.5	2.5	2.5	2.5	4	4
4	4	4	4	4	4
6	6	6	6	6	6
10	10	10	10	10	10
16	16	16	16	16	16
25	16	16	16	16	16
35	16	16	16	16	16
50	25	25	25	25	25
70	35	35	35	35	35
95	50	50	50	50	50
120	70	70	50	50	50
150	70	70	50	50	50
185	95	95	50	50	50
240	--	120	50	50	50
300	--	150	50	50	50
400	--	185	50	50	50

حيث إن:

(1) تختار موصلات PEN لها مساحة مقطع أكبر من أو تساوى $10mm^2$ إذا كانت من النحاس، أو أكبر من أو تساوى $16mm^2$ إذا كانت من الألومنيوم .

(2) غير مسموح بتمديد موصلات الألومنيوم بدون حماية.

(3) عندما تكون مساحة مقطع موصلات الأوجه $95mm^2$ أو أكثر ينصح باستخدام موصلات غير معزولة للوقاية.

AL ألومنيوم .

Cu نحاس .

والجدول (٥ – ٣) يعطى معامل درجة الحرارة إذا كانت أكبر من 30°C، ويستخدم هذا الجدول بالنسبة للكابلات الممدة فى الهواء.

الجدول (٥ - ٣)

درجة الحرارة المحيطة °C	العزل			
	PVC	عزل XLPE أو عزل EPR	عزل معدنى	
			بغلاف وقاية PVC 70°C	بغلاف معدنى 105°C
10	1.2	1.15	1.25	1.15
15	1.15	1.1	1.2	1.1
20	1.1	1.1	1.15	1.05
25	1.05	1.05	1.05	1.05
30	1	1	1	1
35	0.95	0.95	0.95	0.95
40	0.85	0.9	0.85	0.9
45	0.8	0.85	0.75	0.9
50	0.7	0.8	0.65	0.85
55	0.6	0.75	0.55	0.8
60	0.5	0.7	0.45	0.75
65	---	0.65	---	0.7
70	---	0.6	---	0.65
75	---	0.5	---	0.6
80	---	0.4	---	0.55
85	---	---	---	0.45
90	---	---	---	0.4
95	---	---	---	0.3

والجدول (٥ – ٤) يعطى معامل التضاعف تبعًا لطريقة التمديد وعدد الدوائر.

الجدول (٥ - ٤)

طريقه التمديد رقم	عدد الدوائر								
	1	2	3	4	6	9	12	15	20
1	1.00	0.80	0.70	0.70	0.55	0.50	0.45	0.40	0.40
2	1.00	0.85	0.80	0.75	0.70	0.70	---	---	---
3	0.95	0.80	0.70	0.70	0.65	0.60	---	---	---
4	1.00	0.90	0.80	0.75	0.75	0.70	---	---	---
5	1.00	0.85	0.80	0.80	0.80	0.80	---	---	---

حيث إن :

طريقة التمديد 1 التمديد داخل الحوائط أو داخل الخرسانة أو فى الأرض.

2 طبقة واحدة على الحائط أو الأرض أو على حوامل الكابلات Cable tray المصنعة محليًا.

3 طبقة واحدة مثبتة على السقف.

4 طبقة واحـدة على حوامـل الكابـلات سابقـة التجهيـز أفقيـة أو رأسية.

5 طبقة واحدة ممدة على حامل سلمى Cable Ladder أو على كوابيل مثبتة فى الحائط brakets.

مثال :

خمسة محركات قدرة كلٌ منها 30 Kw، يتم تغذيتهم بخمسة كابلات تمدد على حامل كابلات Cable tray سابق التجهيز، فإذا كان جهد التشغيل 380V ودرجة الحرارة المحيطة 40°C المطلوب تعيين مساحة مقطع الكابلات المستخدمة.

الإجابة:

حيث إن درجة الحرارة المحيطة $40^{\circ}C$ وهى أقل من $70^{\circ}C$ لذلك يمكن اختيار كابلات بعزل PVC.

ومن الجدول (٥ – ٣) فإن معامل درجة الحرارة Kt عند عزل PVC ودرجة حرارة $40^{\circ}C$ هو 0.85.

ومن الجدول (٥ –٤) فإن معامل التضاعف Kn عند طريقة التمديد 4 وعندما يكون عدد الدوائر 6 هو 0.75.

وباستخدام المعادلة 5.3 باعتبار أن معامل قدرة المحرك $Cos\phi = 0.8$ فإن:

تيار المحرك يساوى

$$I = \frac{P}{\sqrt{3}\, U \, Cos\phi}$$

$$= 56.8 \text{ A}$$

وبأخذ معامل درجة الحرارة ومعامل التضاعف فى الاعتبار فإن تيار المحرك المكافىء Ie يساوى:

$$Ie = \frac{I}{Kt\, Kn}$$

$$Ie = \frac{56.8}{0.85 \times 0.75} = 89A$$

ومن الجدول (٥ – ١) فإن مساحة مقطع الأوجه عند المجموعة الثانية وعند تيار أكبر من أو يسارى 89 A تساوى 25 mm^2.

ومن الجدول (٥ – ٢) فإن مساحة مقطع خط الوقاية لكابل القدرة المعزول عندما يكون مساحة مقطع الأوجه 25 mm^2 هو 16 mm^2.

لذلك نحتاج لكل محرك كابل بأربعة قلوب ($3 \times 25mm^2 + 16mm^2$).

٥ / ٣ / ٢ - اختيار مساحة المقطع لعدم تعدى فقد الجهد المسموح

بعد اختيار مساحة المقطع المناسبة تبعًا لشدة التيار وطريقة التمديد، ودرجة حرارة الوسط المحيط ونوع العزل وعدد الدوائر الممدة سويًا، يجب التأكد من أن مساحة المقطع المختارة تحقق انخفاض جهد مسموح به، وهذا يعتمد على طول الكابل، وذلك باستخدام أحد المعادلات التالية.

١ - دوائر التيار المستمر

$$A = \frac{2 I \rho L}{Ud} \rightarrow 5.4$$

٢ - دوائر التيار المتردد الأحادية الوجه

$$A = \frac{2 I \rho L \cos\phi}{Ud} \rightarrow 5.5$$

٣ - دوائر التيار المتردد الثلاثية الوجه

$$A = \frac{\sqrt{3} I \rho L \cos\phi}{Ud} \rightarrow 5.5$$

حيث إن :

طول الكابل من المصدر الكهربى إلى الحمل (m)	L
شدة التيار بالأمبير	I
المقاومة النوعية لسلك مساحة مقطعه $1mm^2$ وطوله 1m عند درجة $20\,^{\circ}C$ وتساوى 0.0178 للنحاس، 0.0294 للالومنيوم	ρ
الانخفاض فى الجهد المسموح به بالفولت	Ud

مثال :

فى المثال السابق إذا كان أطوال كابلات المحركات الخمسة 100m وكان الانخفاض المسموح فى الجهد 2.5% فهل مساحة المقطع للكابلات مناسبة أم لا؟

الإجابة:

$$Ud = \frac{2.5 \times 380}{100}$$

$$= 9.5\ V$$

وباستخدم المعادلة 5.6 فإن مساحة المقطع التى تحقق انخفاض الجهد المسموح تساوى

$$A = \frac{\sqrt{3}\ I\ \rho\ L\ Cos\phi}{Ud}$$

$$= \frac{\sqrt{3} \times 89 \times 0.0178 \times 100 \times 0.8}{9.5}$$

$$= 23mm^2$$

وحيث إن مساحة مساحة المقطع التى تحقق انخفاض الجهد المسموح به أقل من مساحة المقطع المختارة لذلك فإن مساحة المقطع المختارة مناسبة.

٥ / ٣ / ٣ - اختيار مساحة مقطع الكابل لعدم تعدى درجة الحرارة عند القصر

بعد اختيار مساحة المقطع المناسبة لكل من:

- تيار الحمل.
- طريقة التمديد.
- درجة حرارة الوسط المحيط.
- نوع العزل.
- عدد الدوائر الممدة سويًا.
- عدم تجاوز الانخفاض المسموح به فى الجهد.

يجب التأكد من أن مساحة المقطع المختارة لا تؤدى إلى تجاوز درجة الحرارة المسموح بها عند القصر وذلك باستخدام المعادلة 5.7.

$$A = \geq \frac{I_K \sqrt{t}}{K} \rightarrow 5.7$$

حيث إن :

مساحة المقطع mm^2	A
زمن فصل وسيلة الحماية عند حدوث القصر	t
المعامل	K
تيار القصر (A)	I_K

والجدول (٥ – ٦) يعطى قيمة المعامل تبعًا لعدد القلوب فى الكابل ونوع معدن الموصل ونوع العزل .

الجدول (٥ – ٦)

عـدد القلوب فى الكابل	نوع العزل / نوع الموصل	PVC	XLPE	EPR
قلب واحد	نحاس	143	176	166
	الومنيوم	95	116	110
	صلب	52	64	60
قلوب متعددة	نحاس	115	143	134
	الومنيوم	76	94	89

مثال :

فى المثال السابق تم اختيار كابل مساحة مقطعه ($3 \times 25\ mm^2 + 16mm^2$) بعزل PVC وبقلوب من النحاس Cu

من الجدول (٥ – ٦) فإن المعامل K يساوى (115) .

وباستخدام المعادلة 5.7 يمكن تعيين تيار القصر إذا اعتبرنا أن زمن فصل القاطع 5S كما يلى :

$$A \geq \frac{I_K \sqrt{t}}{K}$$

أى أن

$$I_k \leq \frac{A\,K}{\sqrt{t}}$$

$$I_k \leq \frac{25 \times 115}{\sqrt{5}} \leq 1285A$$

ويمكن التأكد من أن تيار القصر لن يتعدى هذه القيمة وذلك بعد دراسة الباب الثامن.

الباب السادس

الأنظمة المختلفة لتمديد الكابلات

الأنظمة المختلفة لتمديد الكابلات

١ / ٦ - المواسير الصلب Metal Conduit

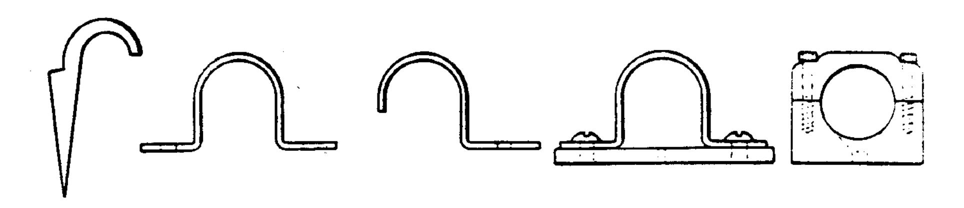
يوجد نوعان من المواسير الصلب وهما مواسير صلب بخط لحام ومواسير صلب بدون خط لحام. وتتوافر مواسير الصلب بأطوال 3.75m، وبالأقطار التالية (16, 20, 25, 32 mm).

والجدير بالذكر أن مواسير الصلب الموجودة فى هذه الأيام من النوع الثقيل Heavy gauge Steel والتى يمكن ثنيها وقلوظتها باستخدام العدد المناسبة.

وعند سحب الكابلات فى مواسير الصلب هناك بعض الاحتياطات التى يجب أخذها فى الاعتبار مثل:

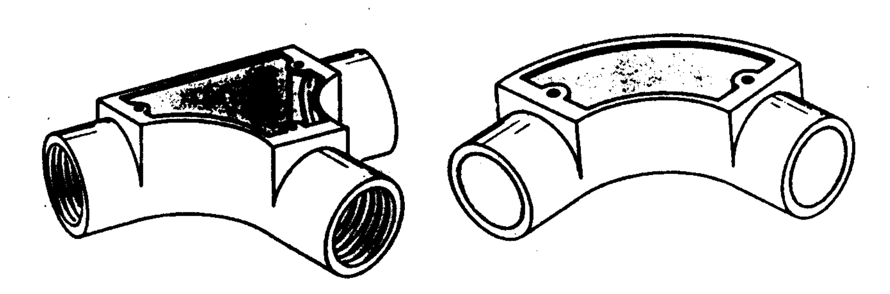
- يجب تركيب المواسير وتثبيتها قبل سحب الأسلاك بها.
- يجب توفير عدة نقاط كافية لسحب الأسلاك.

وعادة يتم تثبيت المواسير فى البناء بواسطة قفيزين كما هو مبين بالشكل (٦ - ١).



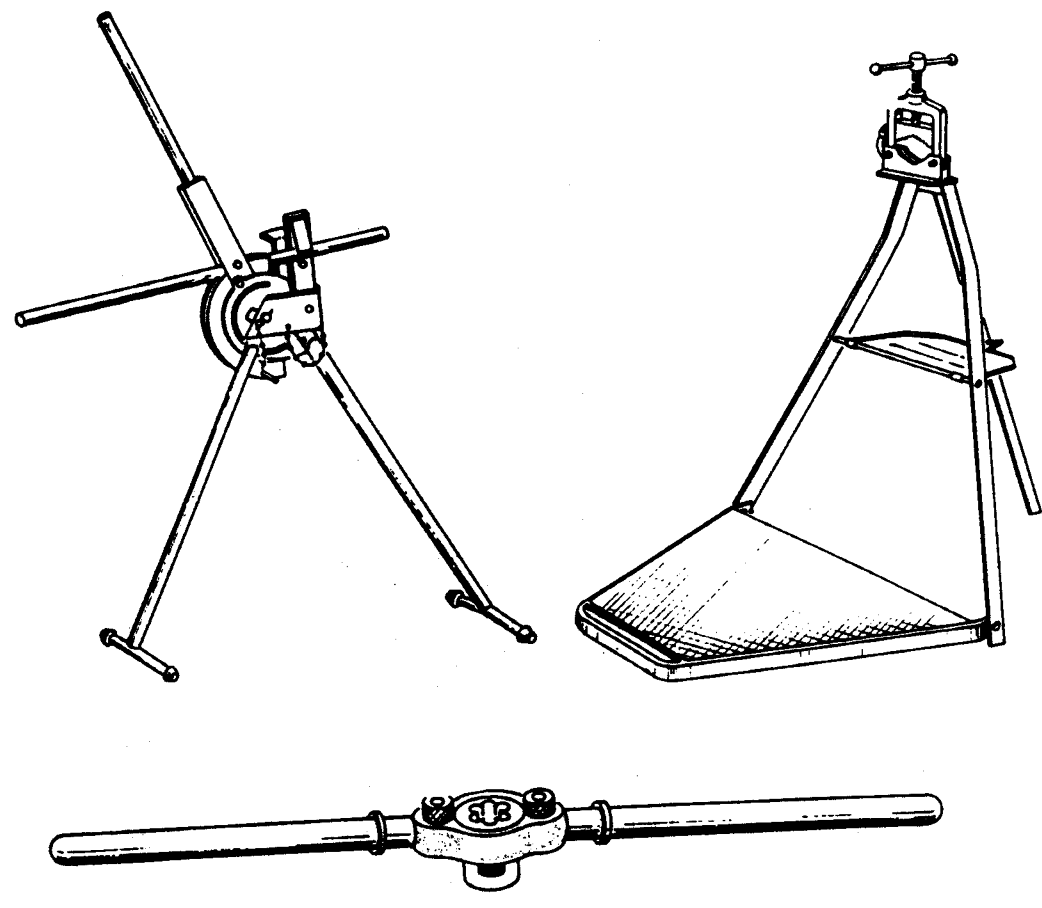
الشكل (٦ - ١)

والجدير بالذكر أنه يستخدم علبة فحص من أجل سحب الأسلاك فى بادىء الأمر، وكذلك للفحص بعد ذلك، وعادة توضع علبة الفحص بعد كل انحنائين 90° أو بعد 10m بحد أقصى فى التحديدات المستقيمة، وتكون علب الفحص على شكل كوع أو وصلة T. والشكل (٦ - ٢) يعرض نماذج مختلفة من علب الفحص.



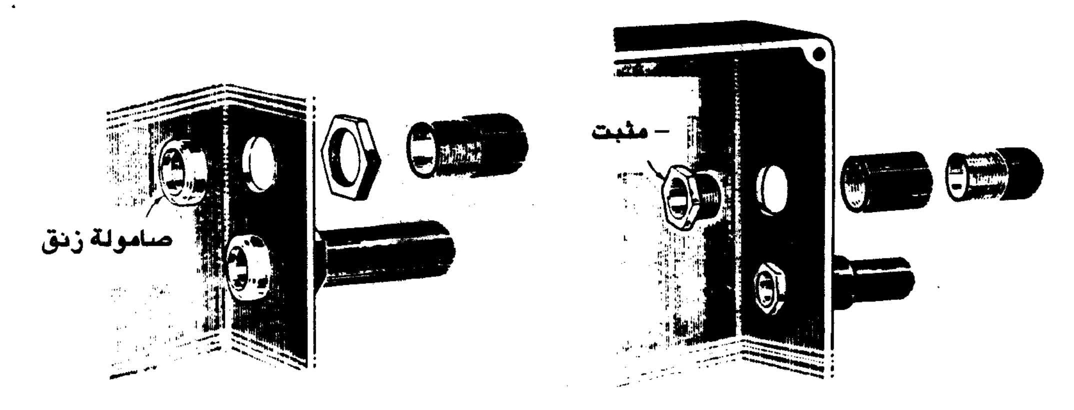
الشكل (٦ - ٢)

ويستخدم فى القطع والقلوظة منشار ومنجلة وآلة عمل قلاووظ (مضربيطة)، ويستخدم فى ثنى المواسير آلة ثنى المواسير، وهذه العدد تشبه تماماً المستخدمة فى أعمال السباكة. والشكل (٦ - ٣) بين شكل منجلة (أ) وشكل مضربيطة (ب) وشكل آلة ثنى مواسير (جـ).



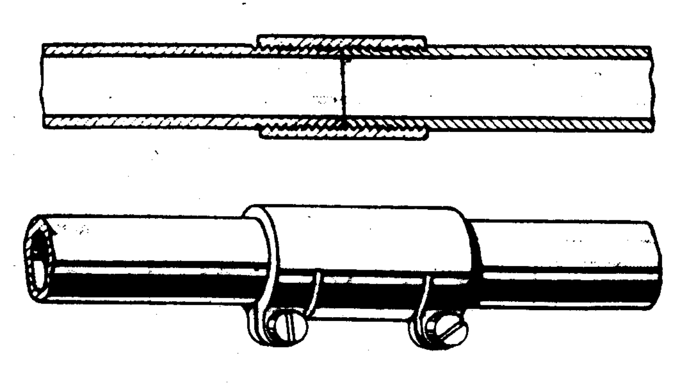
الشكل (٦ - ٣)

والشكل (٦ – ٤) يبين طريقة تثبيت ماسورة فى علبة باستخدام جلبة ومثبت (الشكل أ)، وطريقة تثبيت ماسورة فى علبة باستخدام صامولتين زنق (الشكل ب).



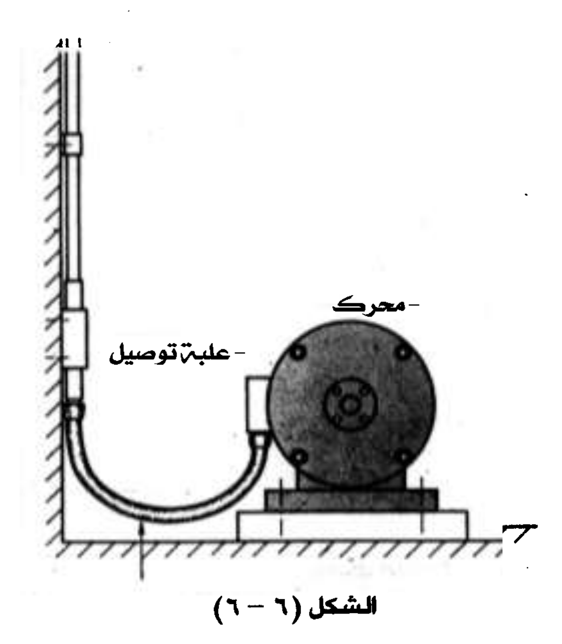
الشكل (٦ – ٤)

والشكل (٦ – ٥) يوضح طريقة تثبيت ماسورتين معًا بواسطة جلبة (الشكل أ)، وبواسطة وصلة بقفيزين (الشكل ب).



الشكل (٦ – ٥)

والجدير بالذكر أنه عند توصيل ماسورة صلب ثابتة فى الحائط مع آلة تتعرض لاهتزاز كمحرك كهربى يستخدم فى ذلك ماسورة صلب مرنة بالطريقة المبينة بالشكل (٦–٦).



الشكل (٦ – ٦)

والجدول (٦ – ١) يبين عدد الموصلات التى يمكن تمديديها فى مقاسات مختلفة من المواسير الصلب.

الجدول (٦ – ١)

مساحة المقطع mm^2 / قطر الماسورة mm	1.5	2.5	4	6	10
16	9	6	5	3	1
20	14	10	7	5	3
25	25	18	13	9	5
32	45	32	24	15	9

مثال :

ما هو عدد الموصلات التى مساحة مقطعها $2.5mm^2$ ويمكن تمديدها فى ماسورة صلب قطرها 25mm .

الإجابة :

من الجدول (٦ – ١) فإن عدد الموصلات يساوى 18 .

والجـدول (٦ – ٢) يبين المسـافـة القـصـوى Lamx بين نقـاط تثـبيت المواسـير الصلب .

الجدول (٦ – ٢)

قطر الماسورة mm / نوع التمديد	16	20	25	32
أفقى	0.75	1.75	2	2.25
رأسى	1	2	2.25	2.5

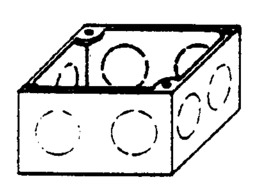
مثال :

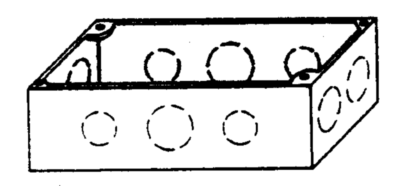
ما هى أقصى مسافة تثبيت أفقية لماسورة صلب قطرها 20mm .

الإجابة :

من الجدول (٦ – ٢) فإن أقصى مسافة أفقية 1.75 m .

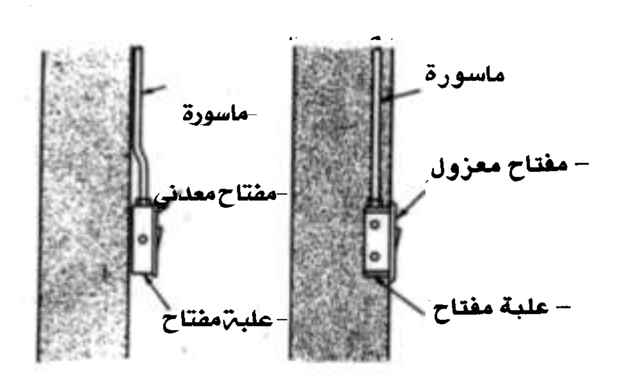
والشكل (٦ – ٧) يعـرض نموذجين مـخـتلفين لعلب الصلب، النمـوذج الأول مستطيل (الشكل أ)، والنموذج الثانى مربع (الشكل ب) .





الشكل (٦ – ٧)

والشكل (٦ – ٨) يبين طريقـتين لتـثـبـيت علـب الصلب داخــل الحـائـط (الشكل أ)، وخارج الحائط (الشكل ب) .



الشكل ٦ – ٨

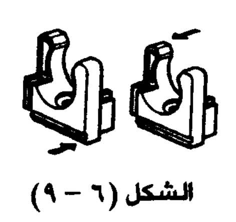
٦ – ٢ مواسير البلاستيك PVC

لقد ازداد استخدام مواسير البلاستيك فى الآونة الأخيرة لمميزاتها المتعددة عن مواسير الصلب فهى خفيفة الوزن، ولا تحتاج لتأريضها لأنها معزولة ولا تتعرض للصدأ، ويسهل ثنيها وقطعها بدون أى آلات خاصة، ويمكن تثبيت الأدوات فى هذه المواسير إما بالكبس أو اللصق بمادة لاصقة أو بواسطة سن قلاووظ وهذا نادراً ما يستخدم.

وتحتاج مواسير البلاستيك إلى إمرار موصل وقاية PE بداخلها، حيث يتم توصيله مع الأجهزة التى تحتاج لتأريض.

وهناك أنواع من المواسير البلاستيك صلبة، ويمكن استخدامها فوق الحائط، وأنواع أخرى مرنة وشبه صلبة يمكن دفنها فى الخرسانة وفى داخل الحوائط.

والجدير بالذكر أنه يمكن ثنى مواسير البلاستيك باليد بالاستعانة بالركبة، كما ينصح بتثبيت المواسير البلاستيك بعد ثنيها لمنعها من استعادة شكلها، وذلك باستخدام قفيزى تثبيت كالمبينة بالشكل (٦ – ٩).



الشكل (٦ – ٩)

والجدول (٦ – ٣) يبين أقصى مسافة بين قفزان التثبيت فى حالة مواسير البلاستيك تبعًا لقطر المواسير الخارجى .

الجدول (٦ – ٣)

أقصى مسافة رأسية (m)	أقصى مسافة أفقية (m)	القطر الخارجى للماسورة d (mm)
1	0.75	16
1.75	1.5	25 > d > 16
2.0	1.75	40 > d > 25
2.0	2.0	d > 40

وعند تمديد الأسلاك داخل المواسير البلاستيك يجب التأكد من عدم تعدى سعة الماسورة، حيث إن تعدى سعة الماسورة يؤدى لتلفها، ويمكن التحقق من سعة الماسورة تبعًا لمقاس الماسورة ومساحة مقطع الموصلات الممدة فيها بالاستعانة بالجداول (٦ – ٤)، (٦ – ٥).

فالجدول (٦ – ٤) يبين معامل الموصلات المصمته والمجدولة الممدة مسافة قصيرة أقصر من أو تساوى 3 m، أو طويلة وتحتوى على انحناءات .

الجدول (٦ - ٤)

مساحة المقطع mm^2		1	1.5	2.5	4	6	10
تمديد قصير	معامل الموصلات المصمته	22	27	39			
	معامل الموصلات المجدولة		31	43	58	88	146
تمديد طويل بانحناء	معامل الموصلات المجدولة أو المصمتة	16	22	30	43	58	105

والجدول (٦ - ٥) يعطى معامل مواسير PVC تبعًا لقطر الماسورة وعدد الانحناءات وطول الماسورة.

مثال :

المطلوب اختيار حجم ماسورة PVC لتمديد 9 موصلات مساحة مقطع الموصل $1.5mm^2$ مسافة مقدارها 4m مع وجود انحنائين.

الإجابة :

من الجدول(٦ - ٤) فإن معامل الموصلات التى مساحة مقطعها $1.5mm^2$ ولمدة مسافة طويلة هو 22 وبالتالى فإن معامل 9 موصلات يساوى [9 x 22 = 198] .

ومن الجدول (٦ - ٥) فإنه عند طول تمديد 4m فإن معامل الماسورة التى قطرها 20mm يساوى 213 وهو أكبر من المعامل الكلى للموصلات 198، أى أنه يمكن استخدام ماسورة قطرها 20mm.

الجدول (٦ - ٥)

طول التمديد m	قطر الماسورة (mm)															
	16	20	25	32	16	20	25	32	16	20	25	32	16	20	25	32
	مستقيمة				انحناء واحد				انحناءان				ثلاثة انحناءات			
1	290	460	800	1400	188	303	543	947	177	286	514	900	158	256	463	818
1.5	290	460	800	1400	182	294	528	923	167	270	487	857	143	233	422	750
2	240	460	800	1400	177	286	514	900	158	256	463	818	130	213	388	692
2.5	290	460	800	1400	171	278	500	878	150	244	442	783	120	196	358	643
3	290	460	800	1400	167	270	487	857	143	233	422	750	111	182	333	600
3.5	179	290	521	911	162	263	475	837	136	222	404	720	103	169	311	563
4	177	286	514	900	158	256	463	818	130	213	388	692	97	159	292	529
4.5	174	282	507	889	154	250	452	800	125	204	373	667	91	149	275	500
5	171	278	500	878	150	244	442	783	120	196	358	643	86	141	260	474
6	167	270	487	857	143	233	422	770	111	182	333	600				
7	162	263	475	837	136	222	404	720	103	169	311	563				
8	158	256	463	818	130	213	388	692	97	159	292	529				
9	154	250	452	800	125	204	373	667	91	149	275	500				
10	150	244	442	783	120	196	358	643	86	141	260	474				

مثال ٢ :

ماسورة بلاستيك طولها 6m وتحتوى على ثلاثة انحناءات مطلوب تمديد الوصلات التالية لها $6x1mm^2 + 6x1.5mm^2 + 4x2.5mm^2$

المطلوب تعيين أقل حجم مناسب للماسورة.

الإجابة:

من الجدول (٦ – ٤) فإن معامل الموصلات يساوى بالترتيب

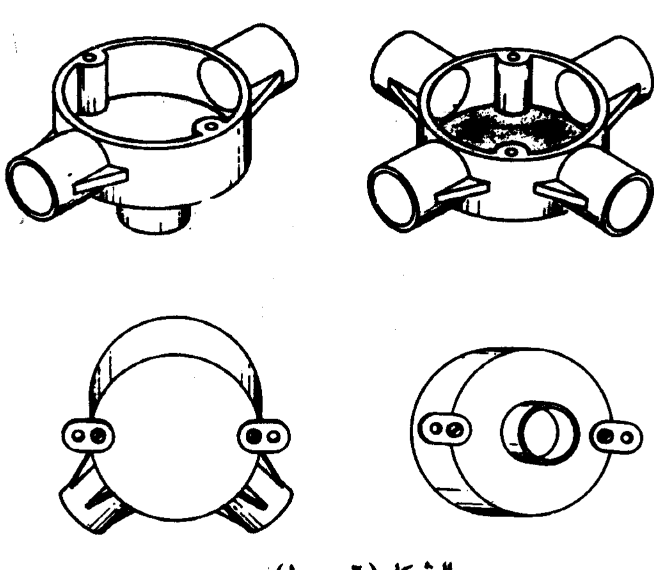
16, 22, 30

وبالتالى فإن المعامل الكلى للموصلات يساوى

$$16x6 + 22x6 + 30 \times 4 = 348$$

ومن الجدول (٦ –٥) عند طول تمديد 6m وعدد ثلاثة انحناءات فإن معامل الماسورة التى قطرها 32 mm يساوى 474 وهو مناسب فى هذه الحالة؛ لذلك تستخدم ماسورة pvc قطرها 32.

والجدير بالذكر أنه يوجد أشكال مختلفة لعلب التوزيع المستخدمة مع مواسير pvc. والشكل (٦ – ١٠) يعرض أربعة أنواع من هذه العلب وهم كما يلى :–



الشكل (٦ – ١٠)

علبة توزيع فى أربعة اتجاهات (الشكل أ)

علبة توزيع مستقيمة وخلفية (الشكل ب)

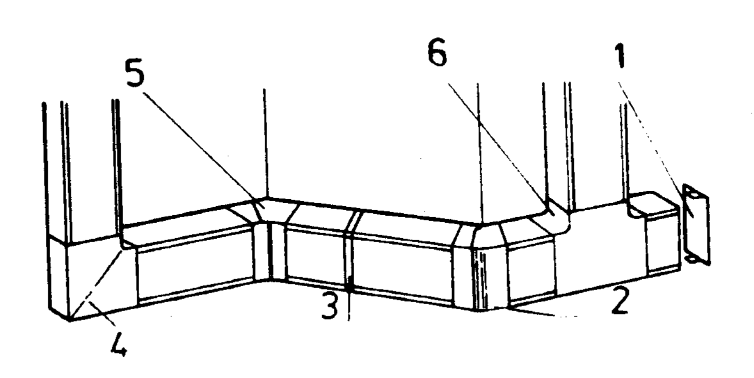
علبة توزيع خلفية (الشكل جـ)

علبة توزيع اتجاهين على شكل زاوية (الشكل د)

٦ / ٣- ترانكات البلاستيك PVC Trunking

الترانكات هى قنوات لها غطاء يمكن نزعه، وتمتاز الترانكات بأنها قابلة للتشكل تبعًا للوسط المستخدمة فيه، وتعطى إمكانية تغيير الدوائر بسهولة. وعادة يكون غطاء ترانكات البلاستيك من النوع ذات الكلبسات.

والشكل (٦ – ١١) **يعرض نموذجًا** لترانكات البلاستيك يحتوى على أنواع مختلفة من المرفقات **على شكل** حرف L وحرف T، وزاوية، ويلاحظ من هذا الشكل أن هذه الترانكات مثبتة على ثلاثة جدران لغرفة.



الشكل (٦ – ١١)

حيث إن:

غطاء نهاية الترانك	1
وصلة على شكل زاوية	2
وصلة لتثبيت أغطية الترانكات	3
وصلة على شكل L	4
وصلة على شكل زاوية	5

وصلة على شكل T	6

ويمكن تقسيم ترانكات البلاستيك إلى :

- ترانكات مصغرة — mini trunking
- ترانكات إطارية — skirting trunking
- ترانكات سهلة التشكل — Adaptable trunking

٦ / ٣ - / ١ - الترانكات المصغرة :

توضع هذه الترانكات حول الأبواب والشبابيك، وتتواجد هذه الترانكات بأبعاد مختلفة . وفيما يلى بعض المقاسات التى تعرضها شركه **Legrand** الفرنسية .

20x12.5 mm　32x16mm　32x20mm

32x12.5mm　40x16mm　40x20mm

40x12.5mm

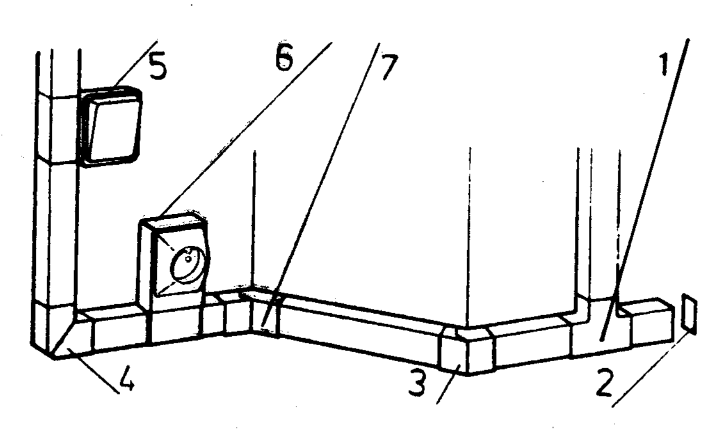
60x12.5mm

ويتم تثبيت هذه الترانكات فى الحوائط باستخدام خوابير بلاستيكية (انظر الفقرة ٦ / ٩) . وتتواجد مجموعة كبيرة من الوصلات التى على شكل L وشكل T ووصلات منحنية بإبعاد مختلفة تناسب المقاسات المختلفة .

والجدير بالذكر أنه تتواجد وصلات معينة من الترانكات المصغرة تمكن من تثبيت مخارج مختلفة عليها . والشكل (٦ - ١٢) يعرض أحد هذه النماذج .

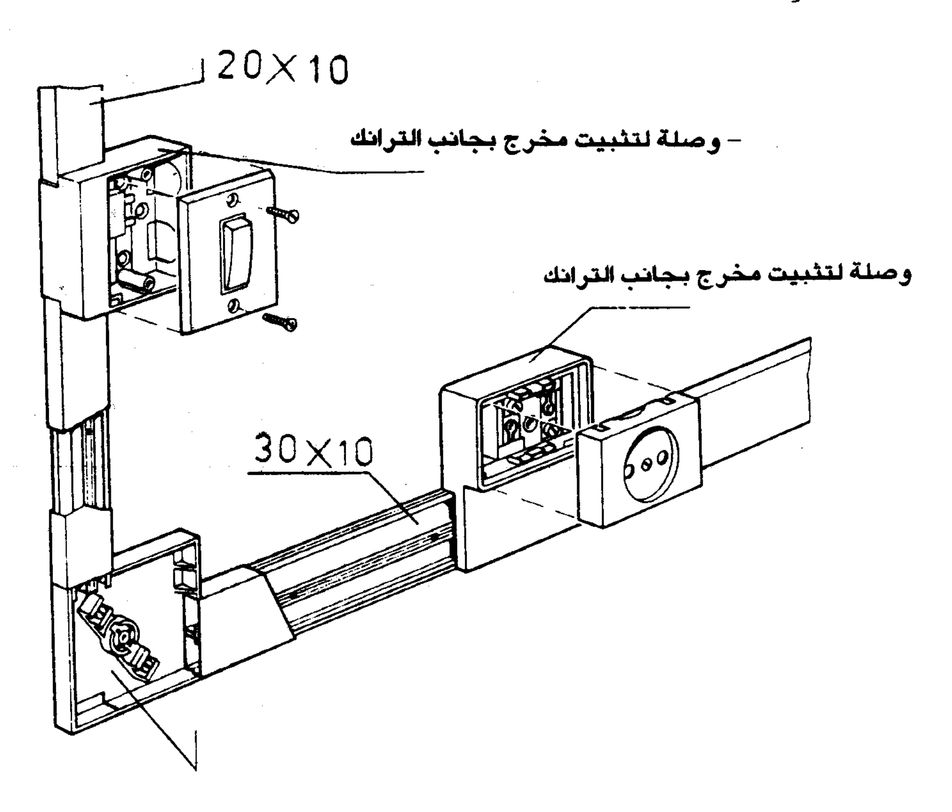
حيث إن :

وصلة على شكل T	1
غطاء نهاية الترانك	2
وصلة على شكل L عمودية للحائط	3
وصلة على شكل L موازية على الحائط	4
وصلة تثبيت علبة مفتاح على جانب الترانك	5
وصلة تثبيت علبة بريزة على جانب الترانك	6
وصلة على شكل L عمودية على الحائط	7



الشكل (٦ – ١٢)

والشكل (٦ – ١٣) يبين كيفية الجمع بين مقاسين مختلفين من الترانكات المصغرة.



الشكل (٦ – ١٣)

وتتواجد أنواع من الترانكات المصغرة مزودة بحاجز داخلى يقسمها من الداخل إلى قناتين وذلك من أجل الفصل بين الدوائر المختلفة مثل دوائر الإنارة ودوائر الإنذار بالحريق ودوائر القدرة . . . . إلخ .

والجدول (٦ - ٦) يبين السعة القصوى لمقاسات مختلفة من الترانكات المصغرة .

الجدول (٦ - ٦)

أبعاد الترانك (mm)		عدد الموصلات			
بدون حاجز	بحاجز	1.5 mm^2	2.5 mm^2	4 mm^2	6 mm^2
20 x 12.5		10	6	4	3
	20 x 12.5	8	4	4	2
	32 x 12.5	16	10	6	4
32 x 16		23	15	11	6
	40 x 12.5	20	12	10	4
	40 x 16	26	18	12	8
30 x 20		37	26	19	11
40 x 20		43	31	24	14

مثال :

من الجدول (٦ - ٦) يلاحظ :

١ - إن سعة ترانك مصغر بدون حاجز (32 x 16mm) من موصلات مساحة مقطعها 2.5 mm^2 هو 15 موصل .

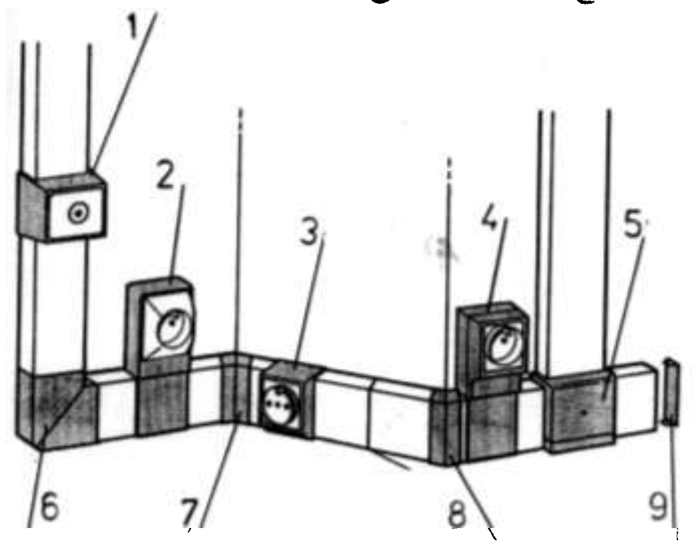
٢ - إن سعة ترانك مصغر بحاجز (40 x 12.5 mm) من موصلات مساحة مقطعها 4mm^2 هو 10 بحيث يمكن إمرار 5 موصلات فى كل قناة .

٦ / ٣ / ٢- الترانكات الإطارية:

تثبت الترانكات عادة على الإفريز السفلى لحوائط الغرف، وهى تستخدم لنقل الكابلات ذات الاستخدامات المختلفة فى الأرجاء المختلفة للغرف.

وتتميز الترانكات الإطارية بسهولة تثبيت المخارج المختلفة عليها.

والشكل (٦ – ١٤) يبين طريقة تركيب الترانكات الإطارية على الإطار السفلى للغرفة مع توفير أنواع مختلفة من المخارج.



الشكل (٦ – ١٤)

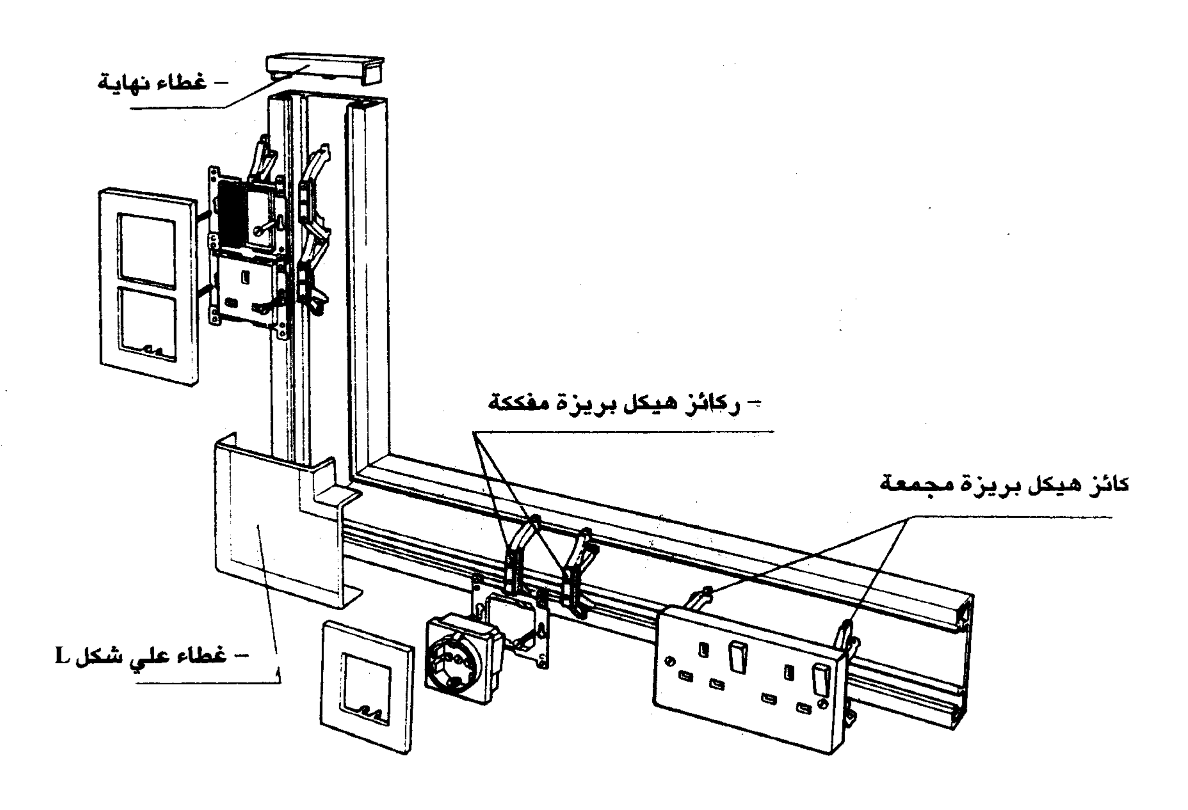
حيث إن:

وصلة لتثبيت مفتاح أو بريزة على الترانك	1,3
وصلة لتثبيت مفتاح أو بريزة بجانب الترانك	2,4
وصلة T	5
وصلة L	6

7,8 وصلة زاوية

9 غطاء نهاية

والشكل (٦ – ١٥) يبين طريقة تثبيت المخارج المختلفة على الترانكات الإطارية.

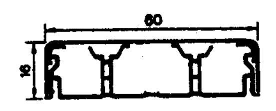


الشكل (٦ – ١٥)

وتتواجد الترانكات الإطارية بمقاسات مختلفة فى الأسواق، فمثلاً : تعرض شركة Legrand الفرنسية المقاسات التالية:

60 x 16 mm - 75 x 20 mm - 110 x 20 mm

وعادة تزود الترانكات الإطارية بحاجزين من الداخل للحصول على ثلاث قنوات داخلية لإمرار كابلات الدوائر المختلفة وذلك بالطريقة المبينة بالشكل (٦ – ١٦).



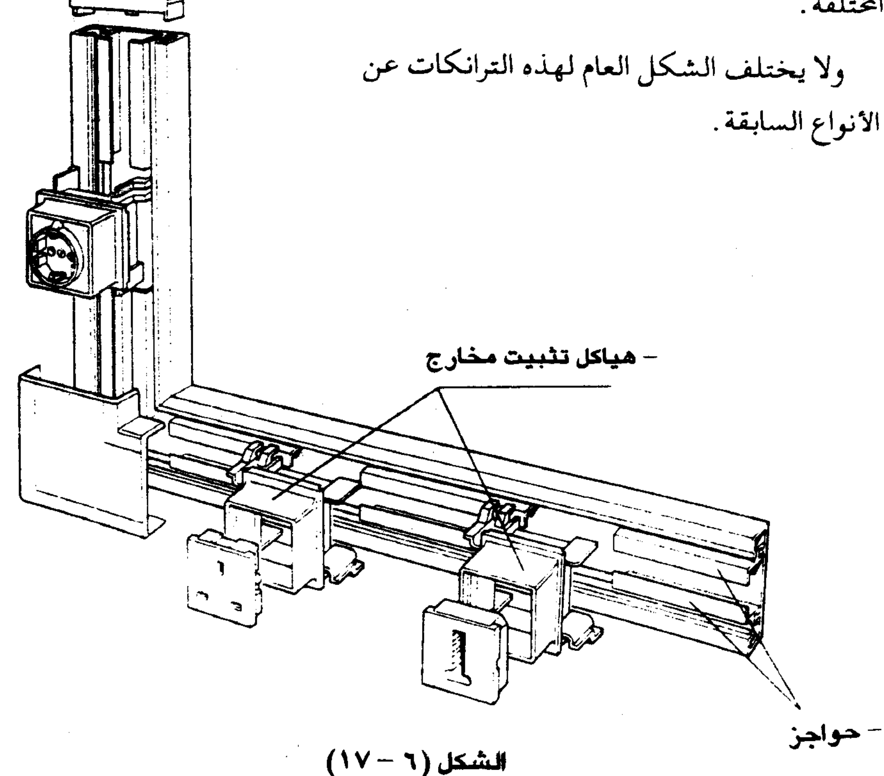
الشكل (٦ – ١٦)

ويمكن الرجوع لكتالوجات الشركات لمعرفة سعة الترانكات الإطارية من الموصلات المختلفة.

٦ / ٣ / ٣ - الترانكات سهلة التشكيل

تتميز هذه الترانكات بأبعادها الكبيرة والتي تتراوح ما بين (100 x 34mm : 250 x 65 mm)، ويوجد من هذه الترانكات أنواع تكون مزودة بحواجز داخلية لتشكيل أربع قنوات، الأولى لتمديدات الكومبيوتر، والثانية لتمديدات الاضاءة والقوى، والثالثة لتمديدات التليفون، والرابعة لتمديدات دوائر الإنذار المختلفة.

ولا يختلف الشكل العام لهذه الترانكات عن الأنواع السابقة.



الشكل (٦ – ١٧)

والجدير بالذكر أنه يمكن تثبيت قواطع مصغرة داخل هذه الترانكات على قضبان أوميجا. والشكل (٦ - ١٧) يعرض نموذجًا لترانكات سهلة التشكل مزودة بحاجزين داخليين، وطريقة تثبيت مخارج عليها.

ويمكن الرجوع لكتالوجات الشركات المصنعة لمعرفة سعة الترانكات سهلة التشكيل من الموصلات المختلفة.

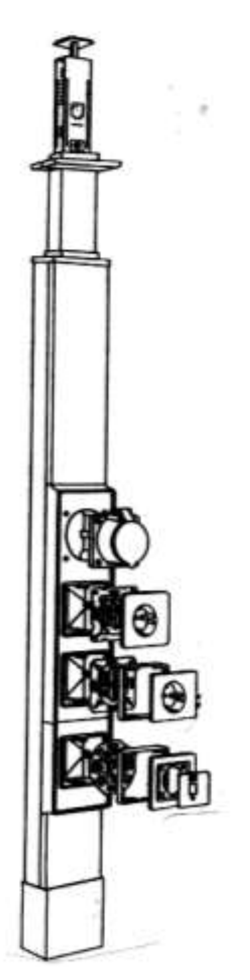
٦ / ٤ - ترانكات الألومنيوم Aluminium trunking

صممت ترانكات الألومنيوم أساسًا من أجل توفير الصلابة والجمال اللازمين لأعمدة القدرة Service Poles والمستخدمة لتوفير المخارج المختلفة مثل: مخارج القوى - مخارج التليفونات - مخارج فاكس - مخارج كومبيوتر وذلك فى الأماكن المفتوحة مثل: المكاتب والبوتيكات والمختبرات ... إلخ.

وعادة يتم تغذية المخارج المثبتة على هذه الترانكات العمودية إما من ترانكات أرضية أو من الأسقف المعلقة Suspended ceiling

وتحتوى أعمدة القدرة عادة على حواجز داخلية لتوفير عدة مجارى لفصل كابلات القوى عن كابلات التليفونات عن كابلات الكومبيوتر عن كابلات دوائر الإنذار... إلخ.

وتمتاز أعمدة القدرة بإمكانية نقلها من مكان لآخر تبعًا لمتطلبات المكان بسهولة ويسر بدون إحداث أى تغيير من التمديدات الموجودة. والشكل (٦ - ١٨) يعرض نموذجًا لعمود قدرة مثبت عليها مجموعة من المخارج المختلفة.



الشكل (٦ - ١٨)

ويجدر الإشارة إلى أن الأعمدة العمودية تتواجد فى صورتين، الأولى: مزودة بإمكانية لتثبيت المخارج

من جهة واحدة، والبعض مزود بإمكانية لتثبيت المخارج من الجهتين.

ويمكن تقسيم الأعمدة العمودية حسب طريقة تثبيتها إلى:

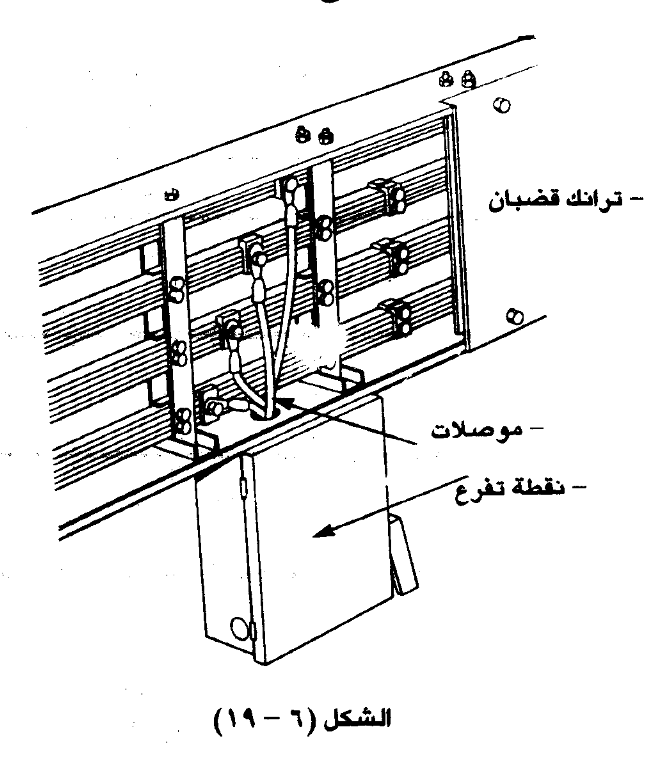
- أعمدة قدرة تثبت مع الأسقف الصلبة (الثابتة).
- أعمدة قدرة تثبت مع الأسقف المعلقة.

ويوجد ترانكات ألومنيوم تستخدم فى التمديدات المختلفة مثل التمديد على الإطار السفلى للحوائط Skirting ، أو التمديد فى وسط الحوائط Dado، ولا تختلف طريقة استخدام هذه الترانكات فى هذه الحالة عن مثيلتها المصنوعة من البلاستيك.

ويمكن الرجوع إلى كتالوجات الشركات المصنعة لمعرفة سعة ترانكات الألومنيوم من الموصلات المختلفة.

٦ / ٥- ترانكات القضبان Busbar trunking

تستخدم ترانكات القضبان فى المنشآت الصناعية وكذلك المنشآت الكبيرة كموصلات صاعدة، وكذلك للتوزيع على الأدوار المختلفة. والشكل (٦ - ١٩)



الشكل (٦ - ١٩)

يبين طريقة إمرار القضبان داخل ترانكات القضبان وطريقة عمل تفرع من ترانكات القضبان بواسطة علبة تفرع مزودة بقواطع دائرة مصغرة لتغذية أحد الأحمال.

ويمكن تقسيم ترانكات القضبان إلى :

- ترنكات قضبان مستخدمة فى الإضاءة.
- ترانكات قضبان مستخدمة فى توزيع القدرة.

٦ / ٥ / ١- ترانكات القضبان المستخدمة فى الإضاءة

تستخدم ترانكات القضبان فى إضاءة كلٍ من المناطق الصناعية والورش والمعارض وذلك فى المبانى التى يصعب فيها تثبيت وحدات الإضاءة، ويعتمد اختيار ترانكات القضبان المستخدمة فى الإضاءة على :

١ - معدل استهلاك القدرة.

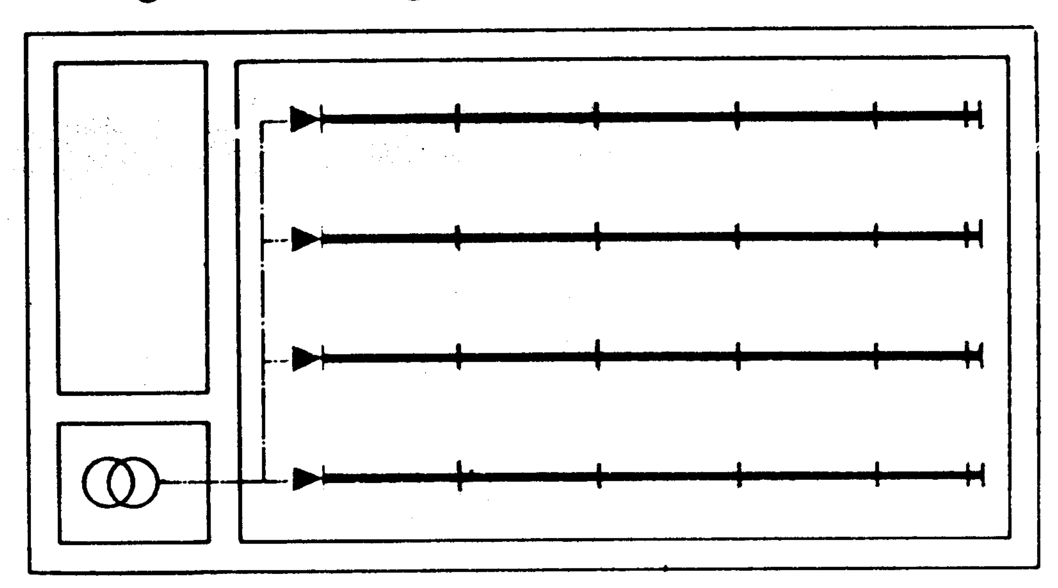
٢ - عدد وحدات الإضاءة (الفوانيس).

٣ - وزن وحدة الإضاءة.

٤ - شكل المبنى لتحديد طريقة التثبيت.

٥ - درجة الوقاية المطلوبة.

والشكل (٦ - ٢٠) يعرض المخطط الأفقى لمصنع يبين فيه مخطط توزيع التيار



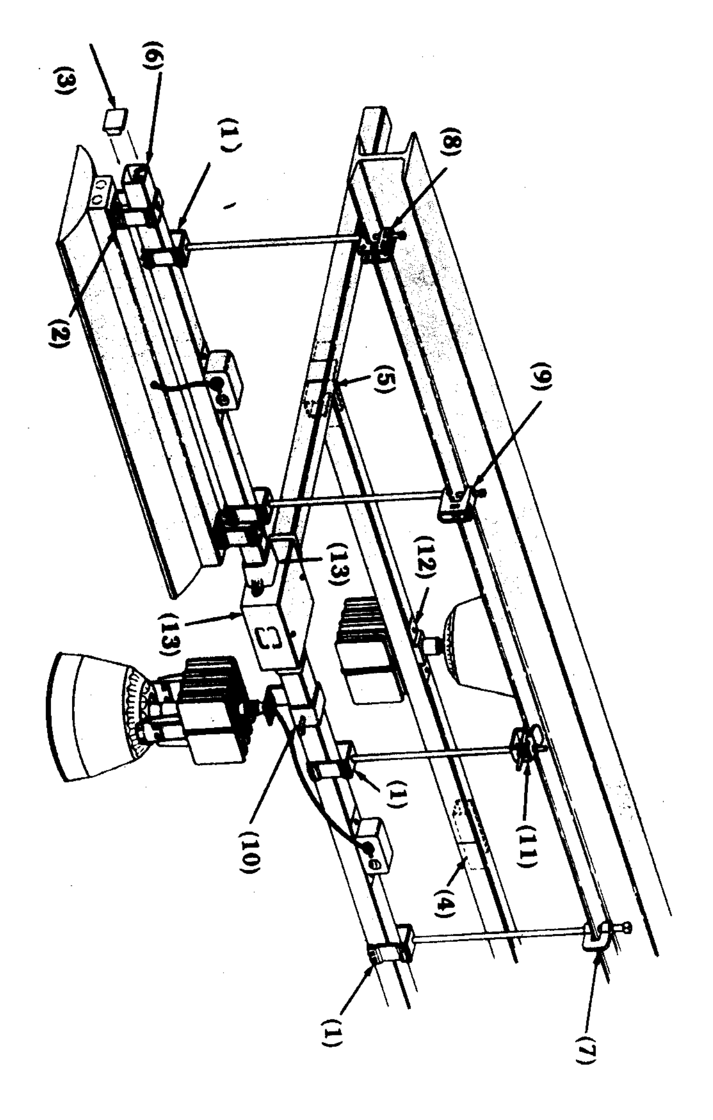
الشكل (٦ - ٢٠)

الكهربى بواسطة ترانكات الإضاءة لإضاءة المصنع.

والشكل (٦ - ٢١) يعرض أحد أنظمة ترانكات الإضاءة والمصنعة بشركة B- Line system, INC. الأمريكية.

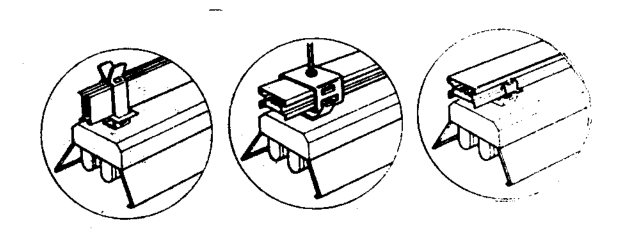
حيث إن :

قامطة تثبيت الترانك	1
قامطة تثبيت وحدة الاضاءة	2,10
غطاء نهاية	3
وصلة تجميع ترانك خطية	4
وصلة تجميع ترانك على شكل T	5
غطاء للترانك	6
قوامط للكمرات	7,8,9,11
وصلة لماسورة مع الترانك	12
علبة توصيل كهربى	13



الشكل (٦ - ٢١)

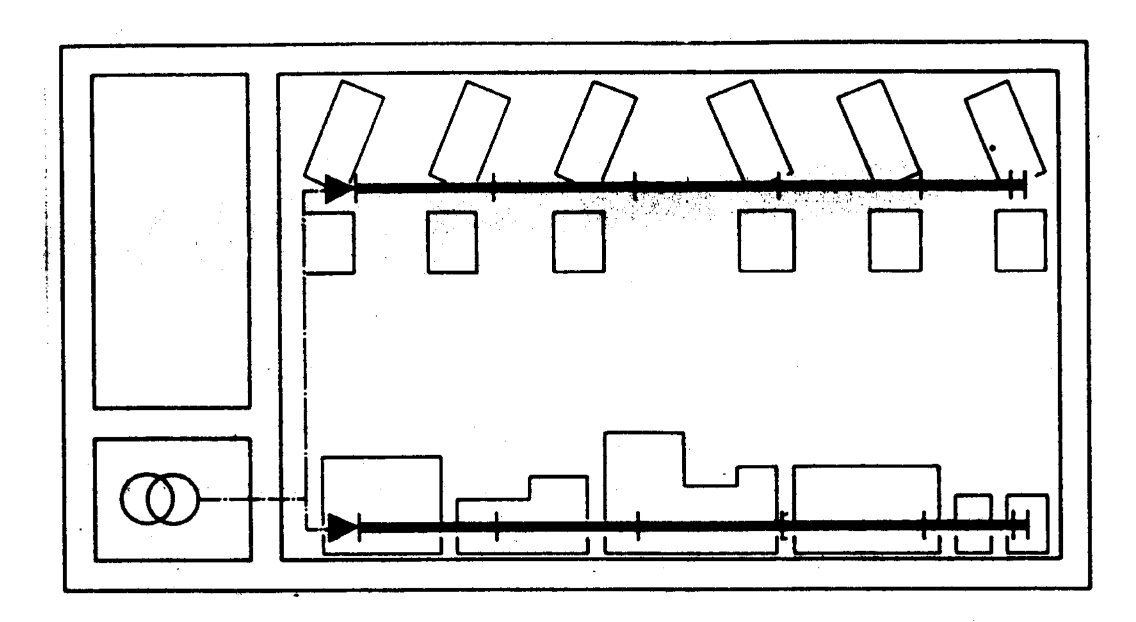
والشكل (٦ - ٢٢) يوضح طريقة تثبيت وحدات إضاءة فلورسنت فى نظام ترانكات القضبان المصنع بشركة Telemec الفرنسية .



الشكل (٦ - ٢٢)

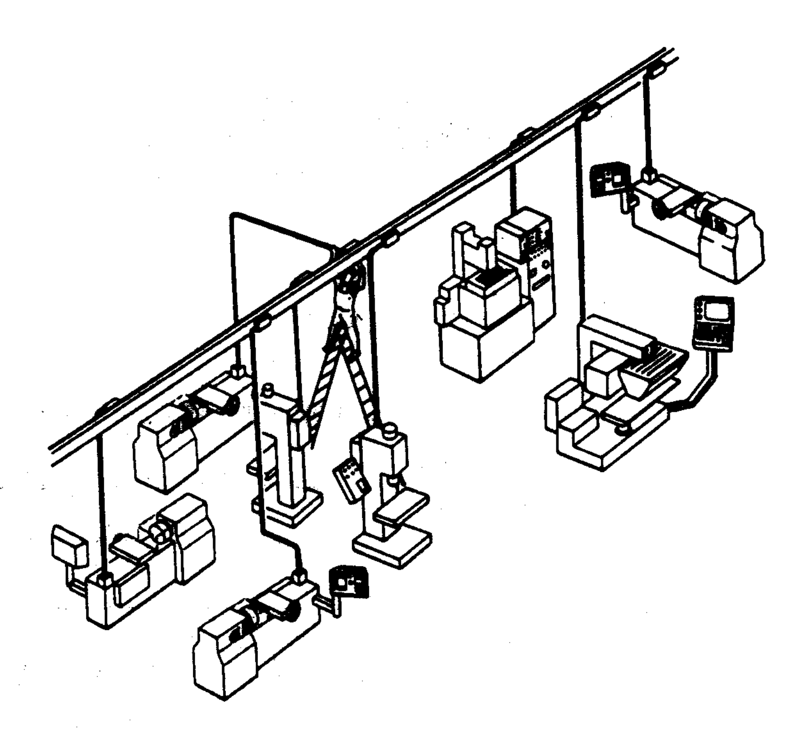
٦ / ٥ / ٢ - ترانكات القضبان المستخدمة فى توزيع القدرة

الشكل (٦ - ٢٣) يبين مخطط توزيع القدرة الكهربية فى مصنع باستخدام ترانكات القضبان .



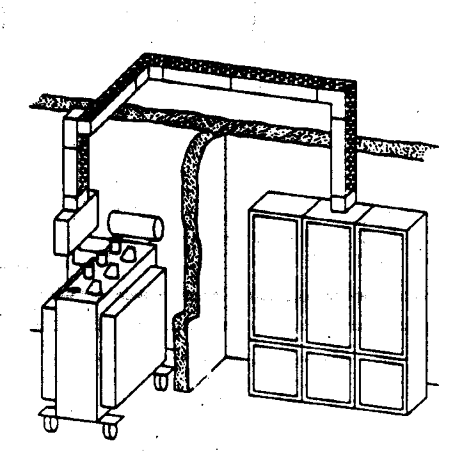
الشكل (٦ - ٢٣)

والشكل (٦ – ٢٤) يبين طريقة استخدام ترانكات قضبان لتوزيع التيار الكهربى على عدة ماكينات بأحد المصانع تبعًا لتوصيات شركة Moeller الألمانية.



الشكل (٦ – ٢٤)

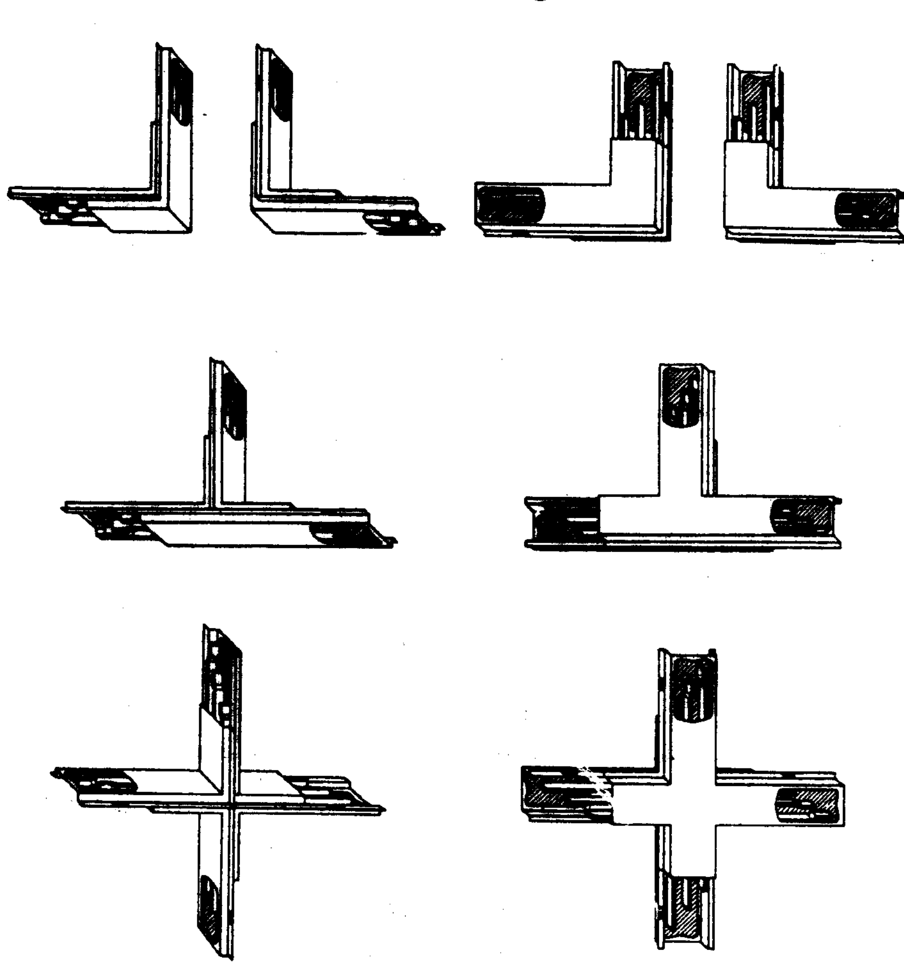
وعادة يكون ارتفاع نقاط التفرع Top - Off Units حوالى 3 متر أعلى الأرضية، ويكون المسافة بين كل ماكينة والأخرى يتراوح ما بين (4:6m) ويكون المسافة بين نقاط تعليق ترانكات قضبان القدرة حوالى 24m تقريبًا. أما الشكل (٦–٢٥) فيبين طريقة استخدام ترانكات القضبان للتوصيل بين محول ولوحة التوزيع الرئيسية الخاصة به تبعًا



الشكل (٦ – ٢٥)

لتوصيات شركة Moeller الألمانية.

والجدير بالذكر أنه توجد أشكال مختلفة لوصلات ترانكات القضبان والتى تساعد على مرونة الانتقال من مكان لآخر داخل أماكن توزيع القدرة الكهربية. والشكل (٦ - ٢٦) يبين عدة نماذج مختلفة من هذه الوصلات.



الشكل (٦ - ٢٦)

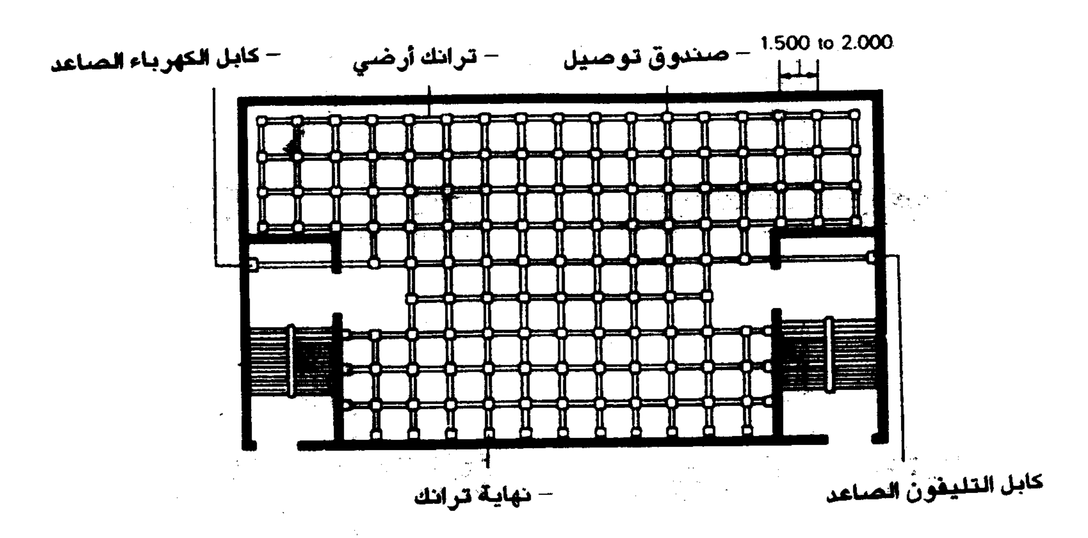
٦ / ٦- الترانكات الأرضية Floor trunking

تستخدم الترانكات الأرضية فى المبانى الكبيرة مثل: المراكز التجارية والمستشفيات والمكاتب المفتوحة والمعارض الكبيرة وصالات الكومبيوتر الواسعة... إلخ.

وهى تستخدم فى توزيع كابلات القدرة والاتصالات وتعتبر أهم مميزات الترانكات الأرضية هو إمكانية نقل الأحمال الكهربية من أى موضع لآخر دون أدنى مشكلة، على سبيل المثال فى المكاتب المفتوحة فعند نقل المكاتب من مكان لآخر ومع وجود الترانكات الأرضية فإن ذلك يكون أمراً سهلاً لتوفر العديد من المخارج فى جميع أرجاء المكتب.

ويمكن تقسيم مخططات تمديد الترانكات الأرضية إلى ثلاثة أنواع وهم كما يلى:

١ - **التمديد الشبكى Grid** : وهذه الطريقة تساعد على المرونة فى نقل الأحمال الكهربية وتستخدم هذه الطريقة فى المكاتب المفتوحة كما بالشكل (٦ - ٢٧).

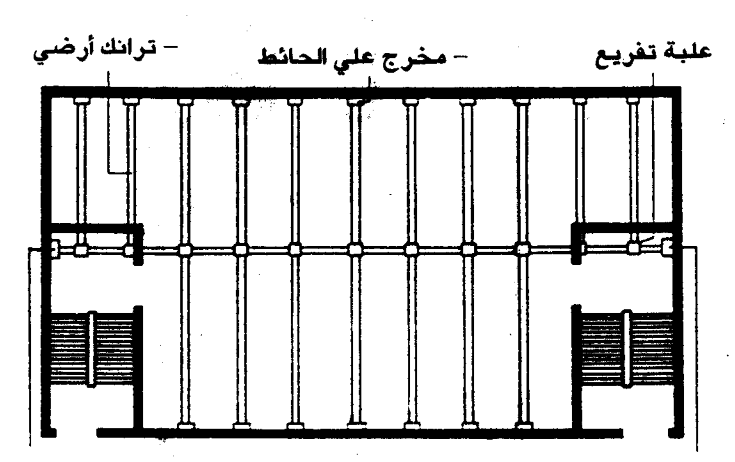


الشكل (٦ - ٢٧)

وعادة تكون المسافة بين كل ترانك والآخر فى هذه الطريقة يتراوح ما بين (1.5:2m) وقد تتغير هذه المسافة تبعاً لدرجة المرونة المطلوبة.

٢ - **التمديد المتفرع Branching**: وتستخدم هذه الطريقة ترانك رئيسى فى المنتصف يقوم بتغذية المخارج المختلفة التى قد تكون مثبتة على الحوائط، وتستخدم هذه الطريقة فى المكاتب ذات الحواجز والتى تحتوى على ممر فى

المنتصف ومجموعة من المكاتب المشكلة بالحواجز. والشكل (٦ - ٢٨) يبين طريقة تنفيذ هذه الطريقة فى أحد المكاتب ذات الحواجز الجانبية.



الشكل (٦ - ٢٨)

٣ - **التمديد المحيطى Perimeter**: تعتبر هذه الطريقة هى أرخص الطرق السابقة ولكنها لا تعطى المرونة المطلوبة والتى نحصل عليها من الطريقتين السابقتين، حيث يمرر الترانك الأرضى الرئيسى على بعد 450mm من الجدران الداخلية للمكاتب ذات الحواجز ويتم عمل تفرعات من علب التفريع الموجودة فى الترانك الرئيسى إلى المخارج المختلفة المثبتة على جدران المكتب بواسطة تفرعات قصيرة. والشكل (٦ - ٢٩) يبين مخطط التمديد المحيطى لأحد المكاتب ذات الحواجز الجانبية.

وحتى يمكن استيعاب الأنواع المختلفة من الترانكات الأرضية يجب أولاً التعرف على مكونات أرضية المنشآت الكبيرة والتى تتكون من:

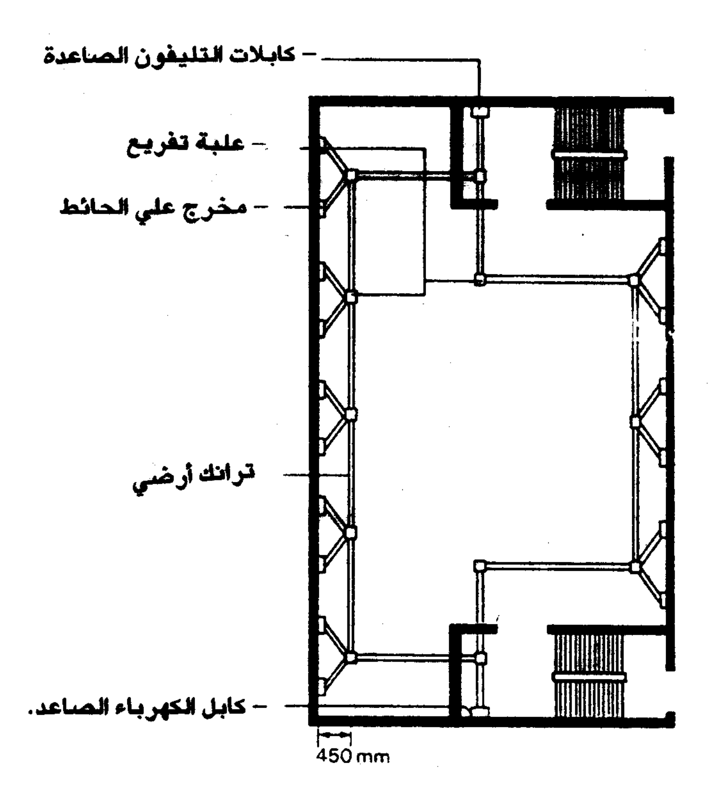
١ - طبقة خرسانة.

٢ - طبقة الخدمة وهذه الطبقة لها عدة وظائف مثل:

أ - ضبط المستوى النهائى للخرسانة.

ب - العزل الحرارى.

جـ - منع تسرب الماء للخرسانة.



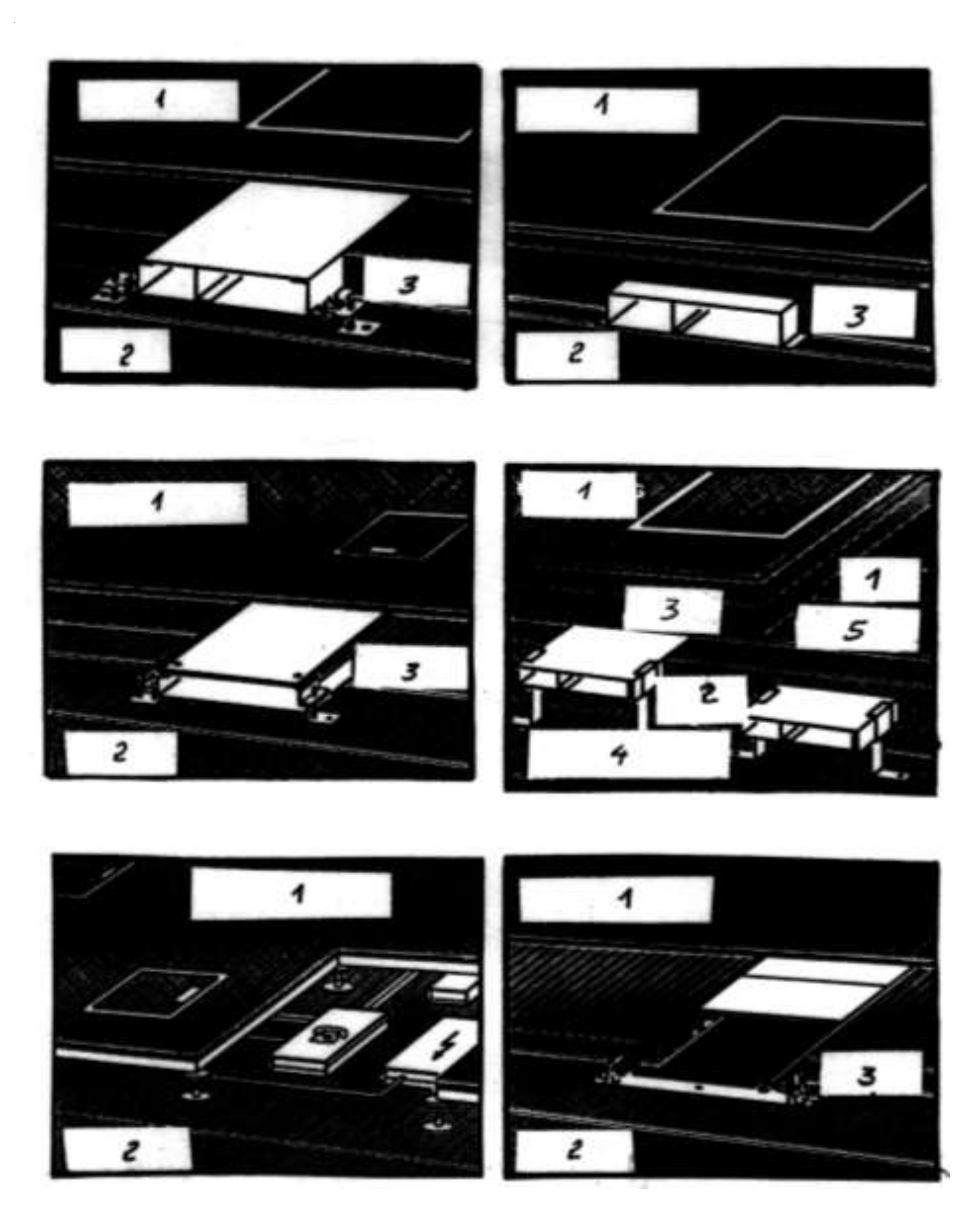
الشكل (٦ – ٢٩)

د – التقليل من انتقال الضوضاء من طابق لآخر.

٣ – طبقة الأرضية النهائية والتى تكون إما بلاط أرضية أو طبقة خشب أو موكيت.

وعادة تثبت الترانكات الأرضية فى طبقة الخدمة بطرق مختلفة أو فوق طبقة الأرضية النهائية.

والشكل (٦ – ٣٠) يعرض بعض أنواع الترانكات الأرضية المنتجة بشركة Ackermann الألمانية.



الشكل (٦ – ٣٠)

حيث إن:

طبقة الأرضية النهائية	1
طبقة الخرسانة	2
طبقة الخدمة	3
خشب المسلح المستخدم فى صب السقف	4
طبقة ناعمة من الخرسانة	5

وفيما يلى أنواع الترانكات الأرضية المعروضة فى الشكل (٦ – ٣٠) .

١ – ترانكات أرضية تدفن فى طبقة الخدمة بقنوات مغلقة (الشكل أ) .

٢ – ترانكات أرضية تدفن فى طبقة الخدمة بطريقة متساطحة بقنوات مغلقة (الشكل ب) .

٣ – ترانكات أرضية تدفن فى طبقة الخرسانة بطريقة متساطحة بقنوات بأغطية (الشكل جـ) .

٤ – ترانكات أرضية تدفن فى طبقة الخدمة بطريقة متساطحة بقنوات بأغطية (الشكل د) .

٥ – ترانكات أرضية تدفن فى طبقة الخدمة بطريقة متساطحة بقنوات بأغطية ويمكن تجميعها فى الموقع (الشكل هـ) .

٦ – نظام تمديد بمخارج للأرضيات الكاذبة (الشكل و) .

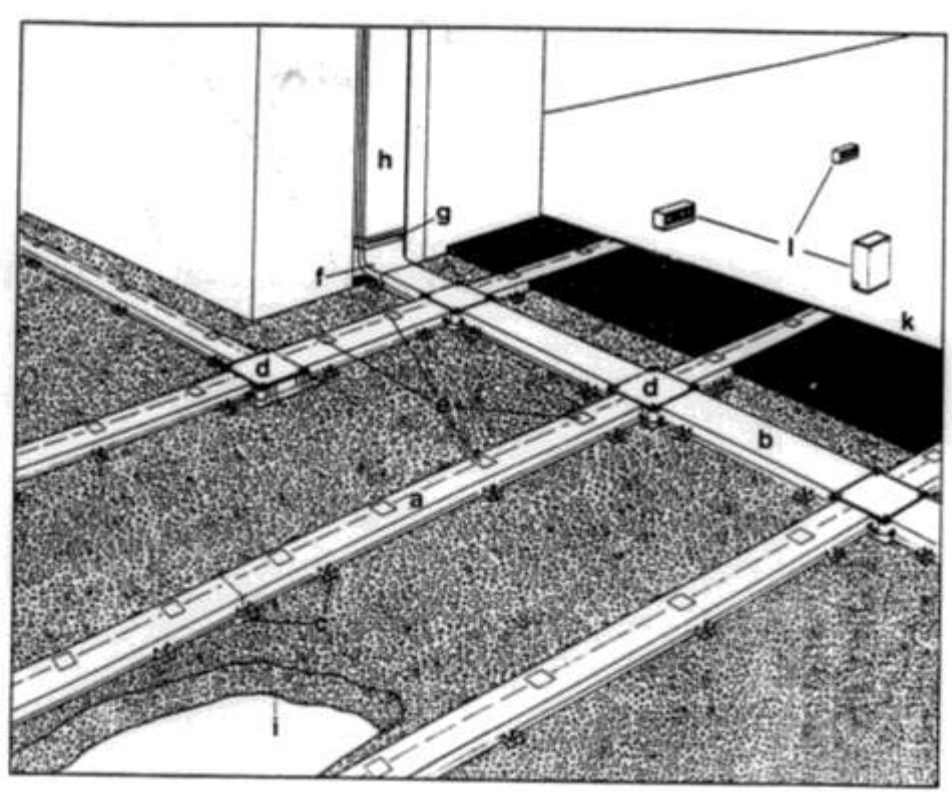
٦ / ٦ / ١ – ترانكات بقنوات مغلقة تدفن فى طبقة الخدمة بطريقة متساطحة

الشكل (٦ – ٣١) يعرض طريقة تركيب هذا النظام تبعًا لتوصيات شركة Ackermann الألمانية .

حيث إن:

ترانك أرضى بفتحات	a
ترانك أرضى بدون فتحات	b

ركائز	c
علبة تفريع بغطاء	d
فتحات تستخدم فى التركيب وتمديد الأسلاك	e
وصلة بين الترانك الأرضى وترانك الحائط	f
قافيز أحكام لوصل الترانك الأرضى مع ترانك الحائط	g
ترانك حائط	h
خرسانة	I
أرضية نهائية	k
وحدة مخارج توضع فوق الأرضية	L



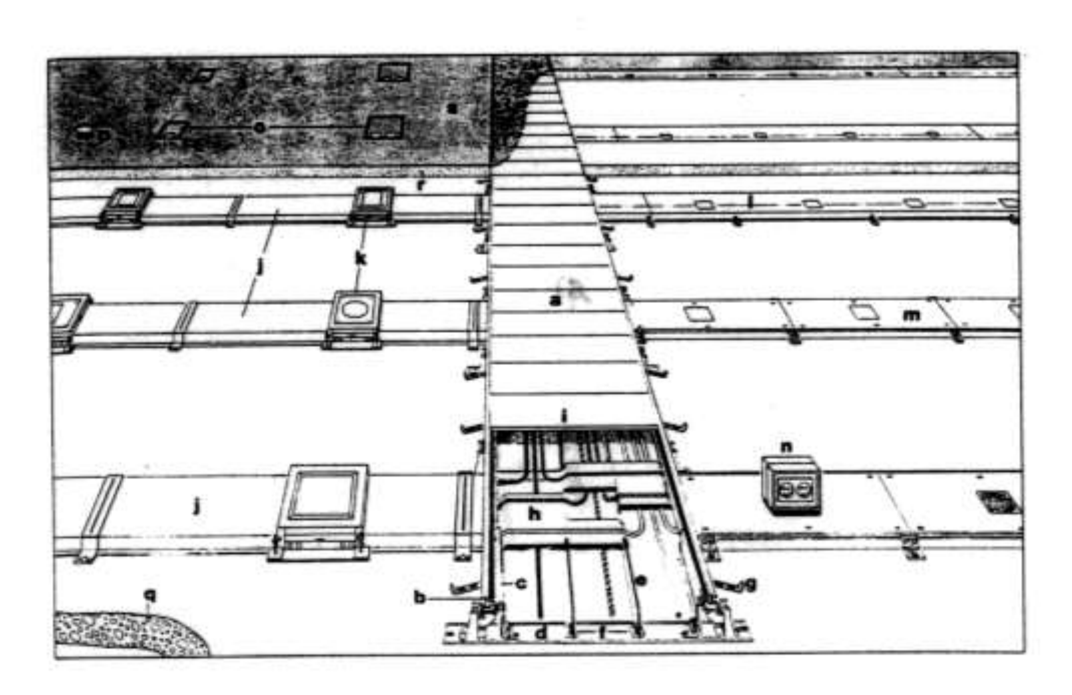
الشكل (٦ - ٣١)

٦ / ٦ / ٢- ترانكات أرضية تدفن فى طبقة الخدمة بأغطية ويمكن تجميعها

الشكل (٦- ٣٢) يعرض تركيب ترانكات أرضية تدفن فى طبقة الخدمة بطريق متساطحة وهى بأغطية ويمكن تجميعها فى الموقع تبعًا لتوصيات شركة Ackermann الألمانية.

حيث إن :

ترانك أرضى بغطاء	a
زاوية لتثبيت جوانب الترانك فى حوض الترانك	b
الجدران الجانبية للترانك	c
ركائز لحمل الترانك الأرضى على الخرسانة	d
حواجز	e, h
وحدة تثبيت الحواجز	f
زاوية تثبيت الترانك مع الأرضية	g
غطاء الترانك الأرضى	e
وصلة ترانك غاطسة فى طبقة الخدمة	j
علبة تفريغ فارغة	k
وصلة ترانك متساطحة مع طبقة المونة	L
ترانك أرضى به فتحات فى غطائه	m
وحدة مخارج تثبت فوق الأرضية بأربعة مخارج	n
وحدة مخارج غاطسة فى الأرضية بأربعة مخارج	o
وحدة غاطسة فى الأرضية بمخرج واحد	p
خرسانة	q
طبقة الخدمة	r
الأرضية النهائية	s



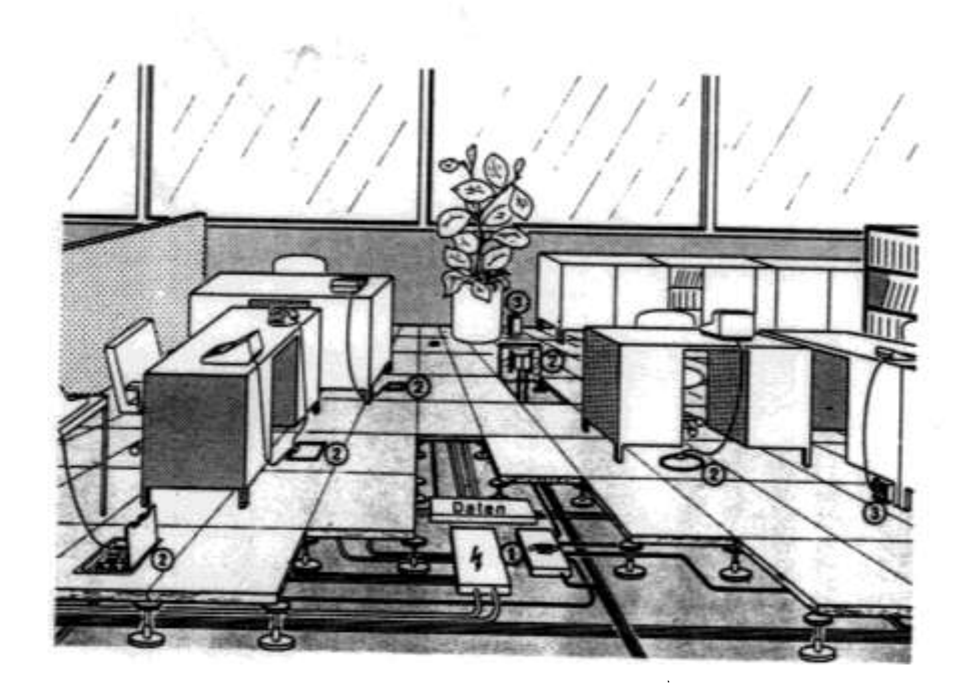
الشكل (٦ – ٣٢)

٦ / ٦ / ٣ – نظام تمديد بمخارج للأرضيات الكاذبة

الشكل (٦ – ٣٣) يعرض تركيب هذا النظام تبعاً لتوصيات شركة Ackermann الألمانية.

حيث إن:

1. علب أرضية لتوزيع القدرة الكهربية وخطوط المعلومات والتليفون.
2. وحدة مخارج بعدد من المخارج يتراوح ما بين 1:9 غاطسة فى الأرضية الكاذبة (المحمولة)
3. وحدة مخارج بعدد من المخارج يتراوح ما بين 1:9 فوق الأرضية الكاذبة



الشكل (٦ – ٣٣)

٦ / ٦ / ٤ – خطوات تركيب الترانكات الأرضية

يوجد عدة خطوات متبعة لتركيب أنظمة الترانكات الأرضية بصفة عامة يمكن تلخيص فيما يلى :

١ – تحديد سارات الترانكات المطلوبة تبعاً للمخطط المعمارى المطلوب تنفيذه مثل المبينة فى الأشكال (٦ – ٢٧ ، ٦ – ٢٨، ٦ – ٢٩)، وذلك باستخدام مجموعة من الخيوط .

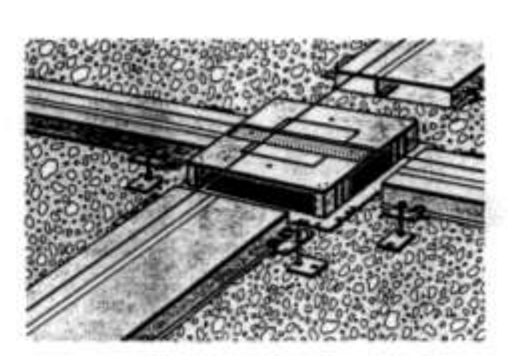
٢– وضع جميع أجزاء الترانكات المستخدمة تحت الخيوط .

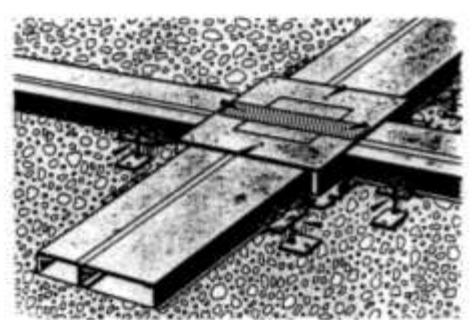
٣ – تجميع هذه الأجزاء معاً .

٤ – تثبيت هذه الترانكات فى الأرضية الخرسانية بعد ضبط المستوى الأفقى لها باستخدام جهاز ضبط المستوى الأفقى المستخدم فى الأعمال المدنية .

٥ – تثبيت الترانكات فى الأرضية الخرسانية على الوضع النهائى باستخدام المونة.

والشكل (٦ – ٣٤) يبين طريقة استخدام الخيط فى تحديد مسارات الترانكات (الشكل أ) وشكل الترانكات الأرضية المجمعة فى الأرضية الخرسانية باستخدام الخوابير البلاستيك والدريل (الشكل ب).





الشكل (٦ – ٣٤)

٦ / ٦ / ٥ – اختيار نظام الترانكات الأرضية المناسب

يمكن اختيار نظام الترانكات الأرضية المناسب تبعاً لسمك طبقة الخدمة والتى يتم تحديدها من قبل المهندس المعمارى.

والجدول (٦ – ٧) يبين قواعد اختيار نظام الترانكات الأرضية تبعاً لسمك طبقة الخدمة.

الجدول (٦ - ٧)

نظام الترانكات الأرضية	سمك طبقة الخدمة
ترانكات أرضية تدفن فى الخرسانة بطريقة متساطحة أو مدفونة.	أصغر من أو تساوى 35mm.
ترانكات أرضية مدفونة فى طبقة الخدمة بطريقة متساطحة بقنوات مغلقة.	تتراوح ما بين 40:65mm.
ترانكات أرضية مدفونة فى طبقة الخدمة بطريقة متساطحة بقنوات مفتوحة.	تتراوح ما بين 40:60mm.
ترانكات أرضية مدفونة فى طبقة الخدمة بطريقة متساطحة بقنوات باغطية يمكن تجميعها فى الموقع.	تتراوح ما بين (50:90mm) أو اكبر.
نظام تمديد بمخارج للأرضيات الكاذبة	أرضية كاذبة

٦ / ٧ - حوامل الكابلات Cable tray

تستخدم حوامل الكابلات فى نقل الكابلات داخل أرجاء المصانع خاصة والمنشآت الكبيرة عامة ويوجد منها ثلاثة أنواع:

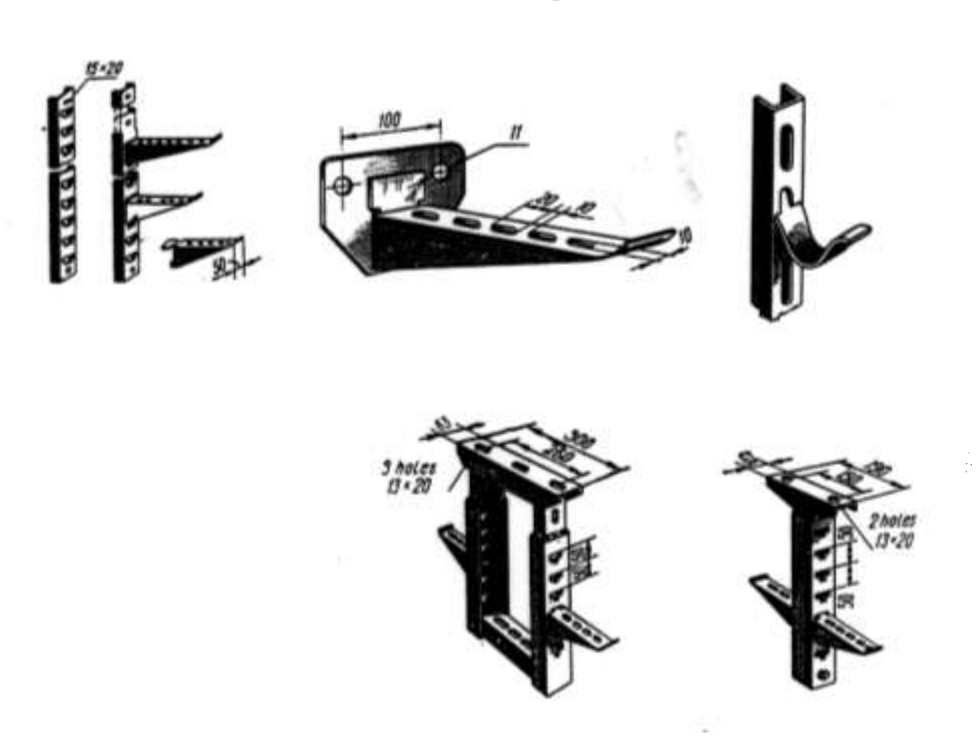
١ - حوامل كابلات بكتائف Cable racking.

٢ - حوامل كابلات بأحواض سلمية Cable ladder.

٣ - حوامل الكابلات ذات الأحواض المثقبة Grid Cable tray.

٦ / ٧ / ١ - حوامل الكابلات ذات الكتائف

الشكل (٦ – ٣٥) يعرض عدة نماذج لحوامل كابلات بكتائف .



الشكل (٦ – ٣٥)

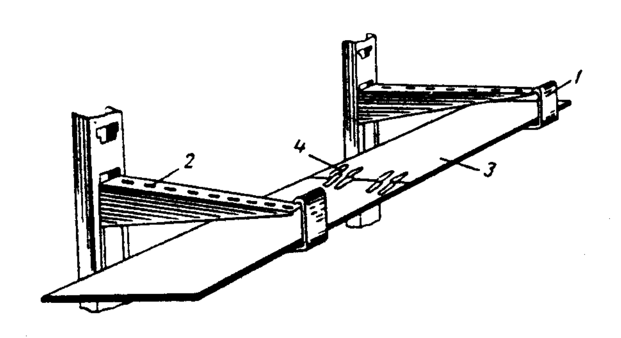
فالشكل (أ،ب،جـ)، يعرض ثلاثة نماذج لحوامل كابلات بكتائف تثبت على الحائط.

والشكل (د، هـ) يعرض نموذجين لحوامل كابلات بكتائف تثبت فى السقف.

والشكل (٦ – ٣٦) يعرض نموذجًا متكاملاً لحامل كابلات بكتائف يثبت على الحائط.

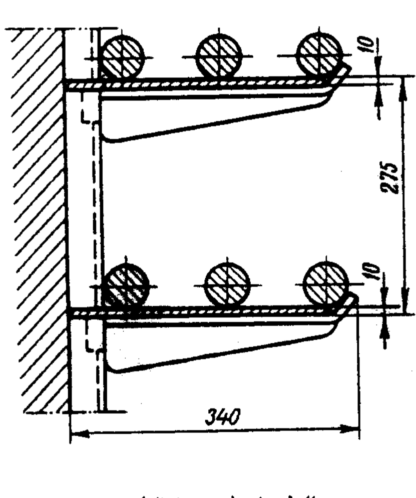
حيث إن :

قافيز لتعليق اللوح الفاصل	1
فتحات لتثبيت الكابلات	2
لوح من الأسبستس لفصل مستويات الكابلات المختلفة	3
كلبس لتثبيت لوحين فصل الكابلات معاً	4



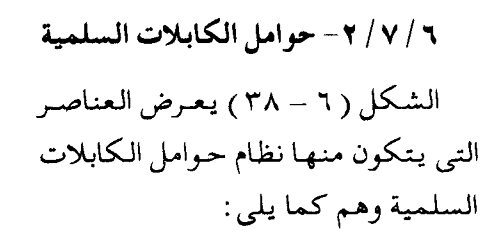
الشكل (٦ - ٣٦)

وتستخدم حوامل الكابلات ذات الكتائف الجدارية فى حمل عدة صفوف من الكابلات فى مستويات مختلفة كما هو مبين بالشكل (٦ - ٣٧) علماً بأن الأبعاد المدونة فى هذا الشكل بالملى ميتر.



الشكل (٦ - ٣٧)

٦ / ٧ / ٢- حوامل الكابلات السلمية



الشكل (٦ - ٣٨) يعرض العناصر التى يتكون منها نظام حوامل الكابلات السلمية وهم كما يلى:

حامل كابلات سلمى مستقيم (الشكل أ).

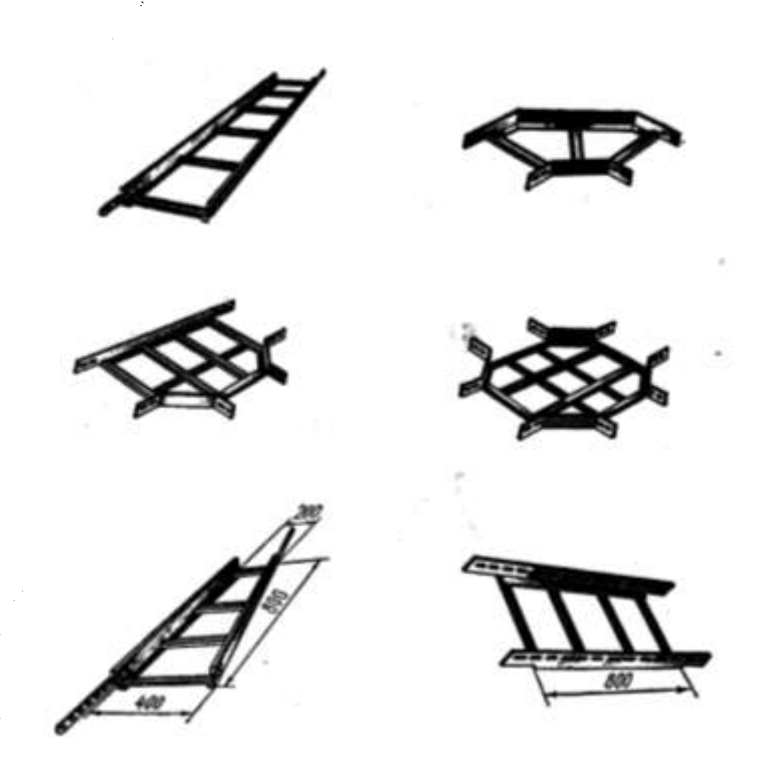
حامل كابلات سلمى زاوى (الشكل ب).

حامل كابلات سلمى على شكل T (الشكل جـ).

حامل كابلات سلمى على شكل صليب (الشكل د).

حامل كابلات سلمى يتناقص فى العرض (الشكل هـ).

حامل كابلات سلمى يستخدم ككوبرى بين حاملين المسافة بينهم أقل من أو تساوى 800mm (الشكل و).



الشكل (٦ – ٣٨)

والجدول (٦ – ٨) يبين المسافات بين نقاط التثبيت على حوامل الكابلات الكتائفية أو السلمية.

الجدول (٦ – ٨)

المسافة بين نقاط التثبيت		ظروف التمديد
الرأسية m	الأفقية m	
2	1	حامل كابلات بكتائف يحمل كابلات بعزلPVC مدرع أو غير مدرع.
7	0.5	حامل كابلات بكتائف يحمل كابلات بعزل مطاط غير مدرعة.
2.4	2.4	حامل كابلات سلمي لإمرار كابلات قطرها الخارجي18:20mm .
1.6	1.6	حامل كابلات سلمي لإمرار كابلات قطرها الخارجي أكبر من20mm .
عند جميع نقاط تثبيت الحوامل		عند التمديد الرأسي.
عند نهاية كل مسار مستقيم		عند التمديد الأفقي.
عند نهاية المنحنيات وعند النقاط المتوسطة للمنحنيات		عند المنحنيات الأفقية أو الرأسية.
على الأقل على بعد 100mm من نقاط التفرع للأحمال		عند تفرغ الكابلات إلى الأحمال.
عند جانبي الحائط		عند عبور الكابلات داخل حائط.

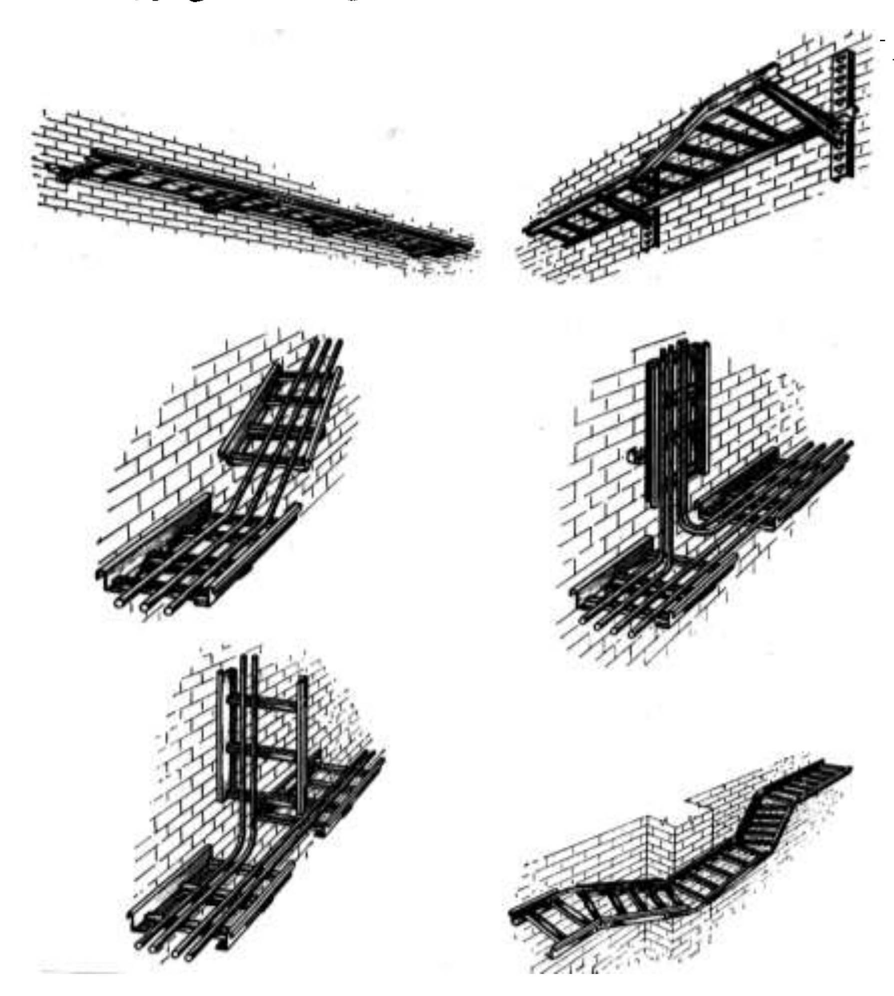
والشكل (٦ – ٣٩) يوضح طريقة تركيب حوامل الكابلات السلمية.

فالشكل (أ) يوضح طريقة تركيب حامل كابلات سلمية مستقيم على ركائز كتائفية على الجدار.

والشكل (ب) يوضح طريقة تركيب حامل كابلات سلمية من النوع الذى يقلل من العرض من 400mm إلى 200mm على ركائز كتائفية على الجدار.

والشكل (ج) يوضح طريقة تركيب زوج من حوامل الكابلات السلمية المستقيمة للانتقال من مستوى لآخر.

والشكل (د) يبين طريقة الانتقال من مستوى أفقى لمستوى رأسى موازى للحائط.



الشكل (٦ – ٣٩)

والشكل (هـ) يبين طريقة الانتقال من مستوى أفقي لمستوى رأسي متعامد مع الحائط.

والشكل (و) يبين طريقة تفادى عمود بارز في الحائط.

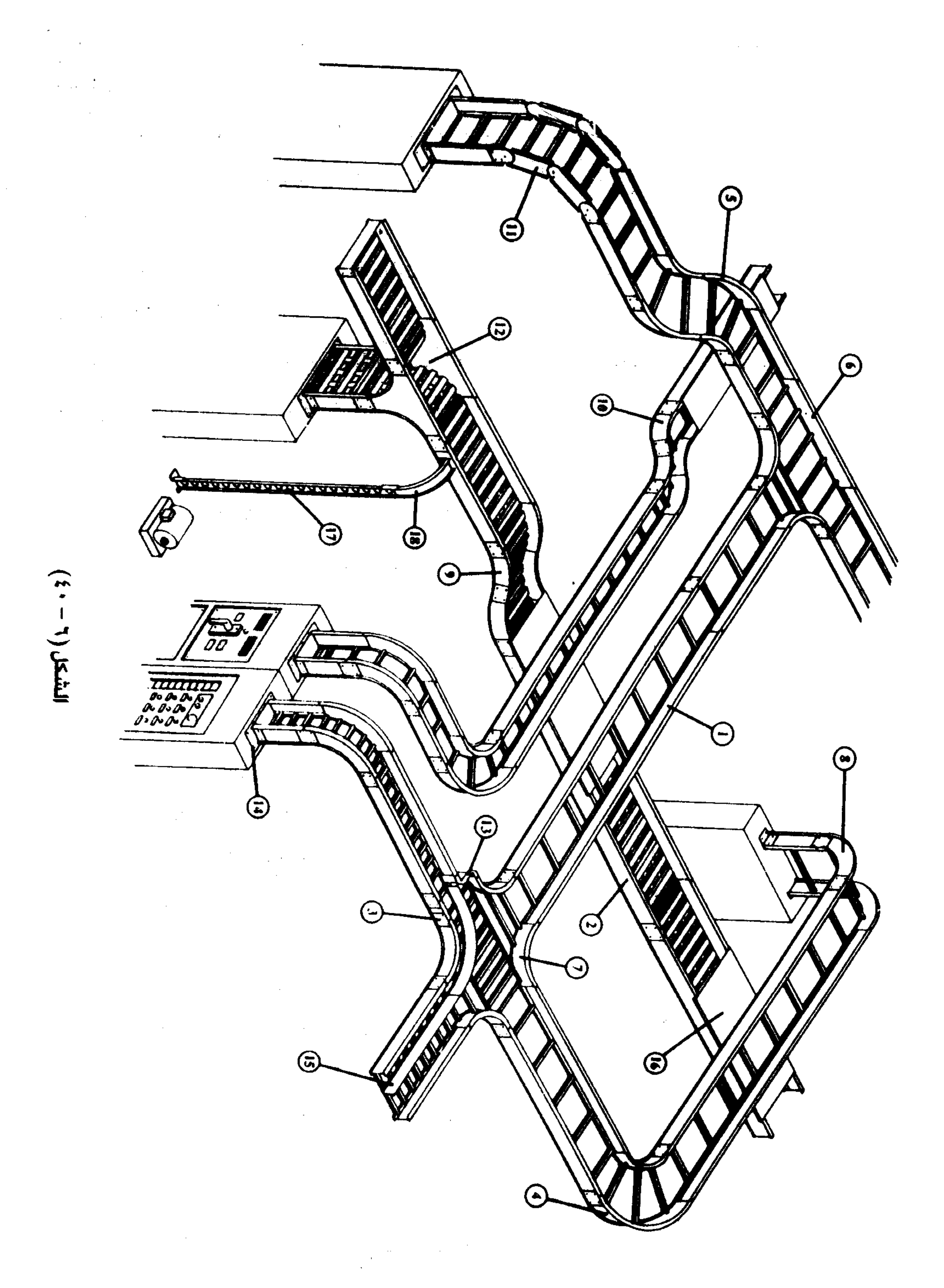
وعادة يتم تثبيت حوامل الكابلات السلمية على ارتفاع لا يقل عن 2m من الأرض عند تثبيتها على الجدران.

كما أنه يتم تثبيت حوامل الكابلات السلمية على ركائز كتائفية على الجدران لمنعها من الانزلاق أو السقوط.

والشكل (٦ - ٤٠) يعرض نظامًا متكاملاً من حوامل الكابلات السلمية من تصميم شركة. INC و B - Line Systems الأمريكية.

حيث إن:

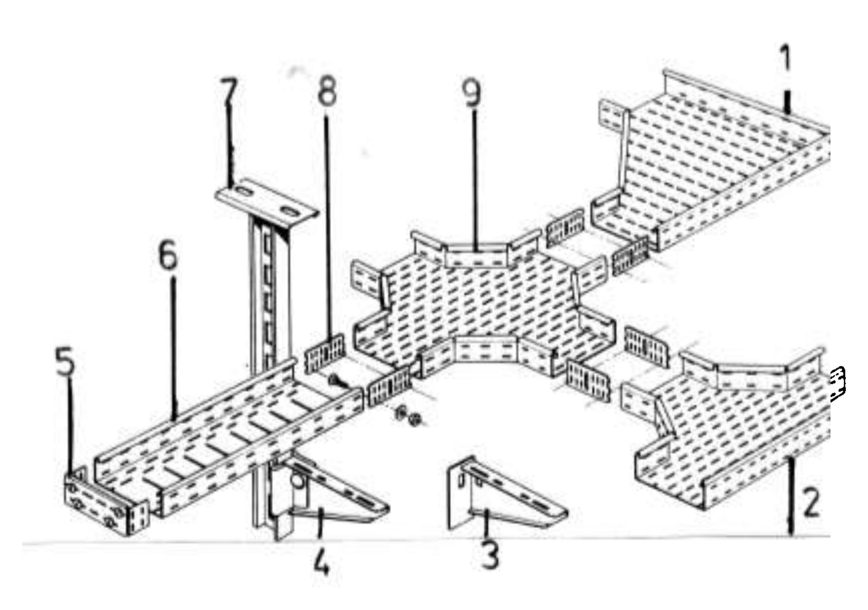
حامل كابلات سلمى	1
حامل كابلات به فتحات تهوية	2
وصلة	3
انحناء °90 أفقى	4
انحناء °45	5
وصلة T	6
وصلة صليبية	7
وصلة منحنية °90 رأسية	8
وصلة °45 رأسية	9
وصلة منحنية °30	10
وصلة منحنية رأسية	11
وصلة على شكل T رأسية	12
وصلة تقليل من العرض	13
لوحة توزيع	14
حاجز لفصل كابلات الدوائر المختلفة	15
غطاء لحامل كابلات مثقب	16
وصلة تفريغ لأحد الأحمال	17
وصلة منحنية لتمديد كابل لأحد الأحمال	18



الشكل (٦-٤٠)

٦ / ٧ / ٣- حوامل الكابلات المثقبة

الشكل (٦ – ٤١) يبين الأجزاء المختلفة التى يتكون منها حامل كابلات بحوض ومثقب .



الشكل (٦ – ٤١)

حيث إن :

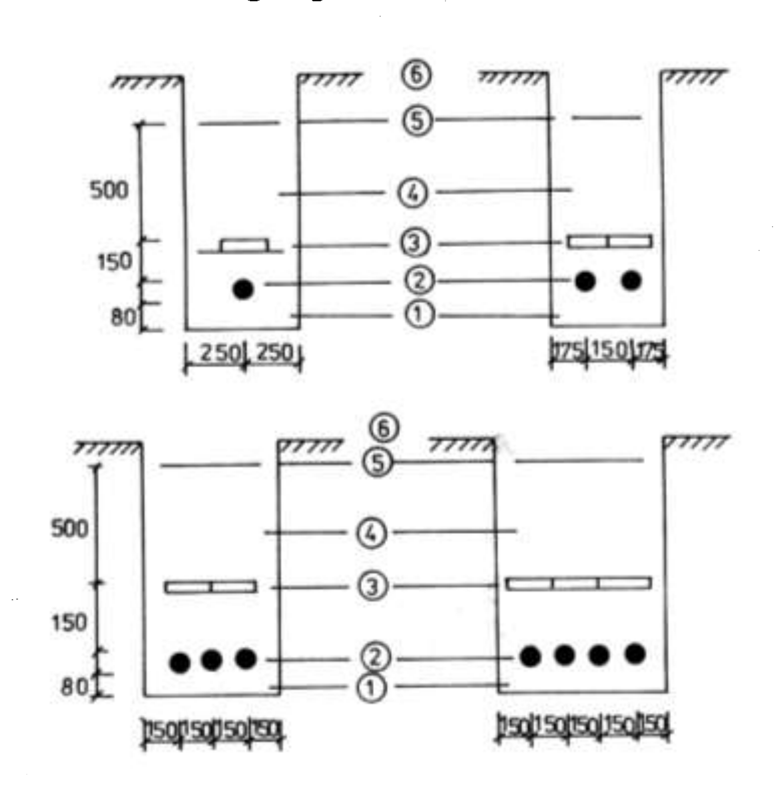
وصلة على شكل L	1
وصلة على شكل T	2
ركيزة كتائفية على الجدار	3.4
لوح نهاية	5
وصلة مستقيمة	6
حامل تثبيت ركيزة كتائفية على مستويات يمكن تعديلها	7
ألواح لتثبيت الوصلات المختلفة	8
وصلة على شكل صليب	9

٦ / ٨ - الخنادق الأرضية Trenchs

تعد طريقة تمديد الكابلات داخل الخنادق الأرضية من الطرق الاقتصادية فى تمديد الكابلات، وتستخدم هذه الطريقة عادة فى التوزيع فمثلاً : تمدد الكابلات من محولات التوزيع للمصنع إلى لوحة التوزيع بالمصنع فى خنادق أرضية. وتعتمد أبعاد الخندق على كلٍّ من:

الجهد - مسار الخندق - عدد الكابلات الممدة فى الخندق.

والشكل (٦ - ٤٢) يعرض أربعة خنادق مستخدمة لتمديدات كابلات تعمل عند جهد 380V ، علماً بأن الأبعاد المبينة بالشكل بالملى ميتر.



الشكل (٦ - ٤٢)

حيث إن :

رمل ناعم	1
كابل	2
قوالب طوب	3
ردم	4
شريط تحذير	5
مستوى سطح الأرض النهائى	6

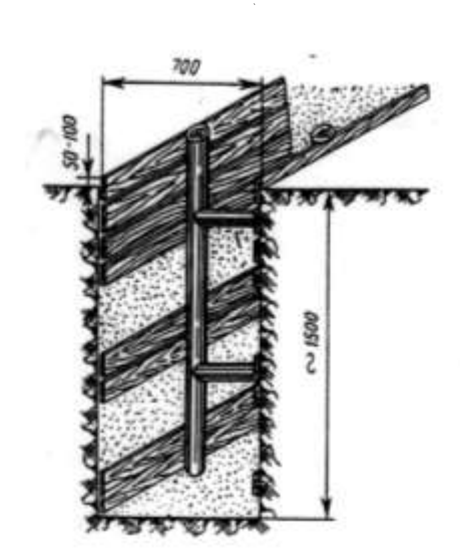
وهناك بعض التوصيات المتبعة عند تمديد الكابلات بالخنادق الأرضية :

١ - عند تمديد الكابل فى خندق أرضى يجب أن يكون فى وضع متموج وذلك حتى يكون طوله أطول بحوالى 10% من طول مساره الحقيقى وذلك لتفادى الإجهادات الطولية التى تحدث فى الكابل نتيجة لهبوط التربة اللاصقة للكابل أو التقلص أو التمدد الحرارى للتربة.

٢ - عند عمل وصلات فى الكابلات يجب أن يتداخل طرفى الكابل عند الوصلة بحوالى (1.5 : 2m) لتحضير وصلة الكابل وحتى يكون الكابل مرتخيًا فى كلا طرفى الوصلة وذلك يمنع الإجهادات الميكانيكية للكابل.

٣ - يكون الحفر يدويًا فى المواقع التى تحتوى على أنابيب ماء أو خطوط مجارى أو كابلات أخرى .... إلخ.

٤ - جميع الحفر التى يزيد عمقها عن 1.5m يجب دعمها بالألواح الإسنادية لمنع أطراف الخندق من الانهيار فى حالة التربة الرملية بالطريقة المبينة بالشكل



الشكل (٦ - ٤٣)

(٦ – ٤٣). علمًا بأن الأبعاد بالمللى ميتر.

٥ – يجب فرش رمل نظيف فى قاع الخندق وبعد تمديد الكابل فوق الرمل يجب إزالة جميع الحجارة أو الكتل التى سقطت لداخل الخندق أثناء التمديد، ثم يغطى الخندق بالرمل الناعم النظيف مع توزيعه باليد توزيعًا جيداً، ثم توضع قوالب الطوب فوق الرمل الناعم لتوفير الحماية الميكانيكية المطلوبة، ثم يوضع الردم الخارج من الخندق مرة أخرى على الطوب وتوضع شرائط تحذيرية على امتداد الخندق على ارتفاع 500mm من الطوب مكتوب عليها [احذر كابل أرضى] أو أى عبارة تحذيرية أخرى وذلك من أجل التحذير من وجود كابلات بالأرض.

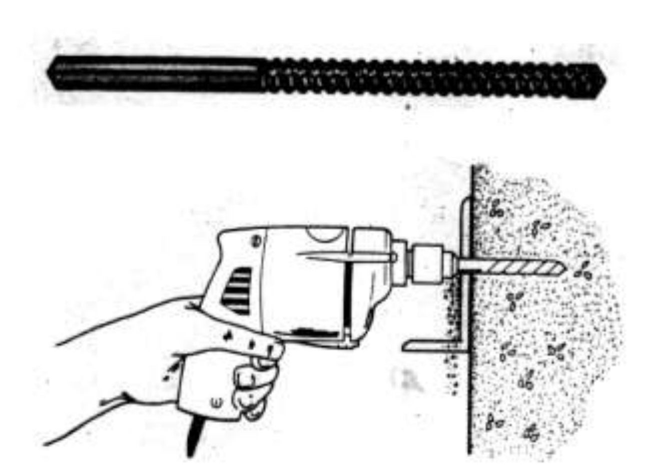
٦ / ٩– طرق التثبيت

إن اختيار طريقة التثبيت تعتمد أساسًا على نوعية الحائط التى سيتم فيها التثبيت وفيمايلى أهم طرق التثبيت :

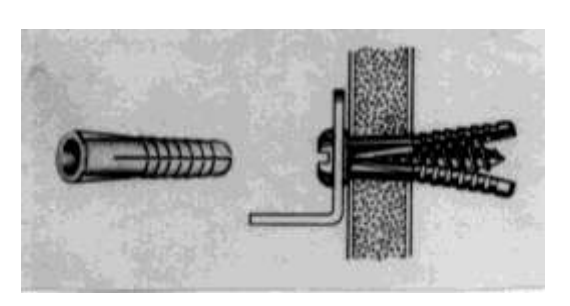
١ – **استخدام براغى الخشب والخوابير البلاستيك :** وتستخدم هذه الطريقة مع الحوائط المصمتة. والشكل (٦ –٤٤) يعرض عدة نماذج لبراغى الخشب برأس مسدسة (الشكل أ)، وبرأس مبططه وبها شق عرضى (شكل ب)، وبرأس كروى وبها شق عرضى (شكل جـ).

الشكل (٦ – ٤٤)

ويتم ثقب كلٌ من الحائط أو الأرضية أو السقف المراد التثبيت فيه، وكذلك الجسم المراد تثبيته، ويستخدم فى ذلك دريل يدوى، ويستخدم بنطة برأس فدية وتسمى أحيانًا بنطة مسلح كما بالشكل (٦ – ٤٥).



ويجب أن يكون قطر البنطة مساوياً قطر خابور البلاستيك المستخدم وبعد ذلك يتم دفع الخابور البلاستيك فى الثقب الموجود فى سطح التثبيت (أرضية ـ حائط ـ سقف)، ويتم تثبيت الجسم المراد تثبيته باستخدام برغى خشب بالطريقة المبينة بالشكل (٦ - ٤٦) .

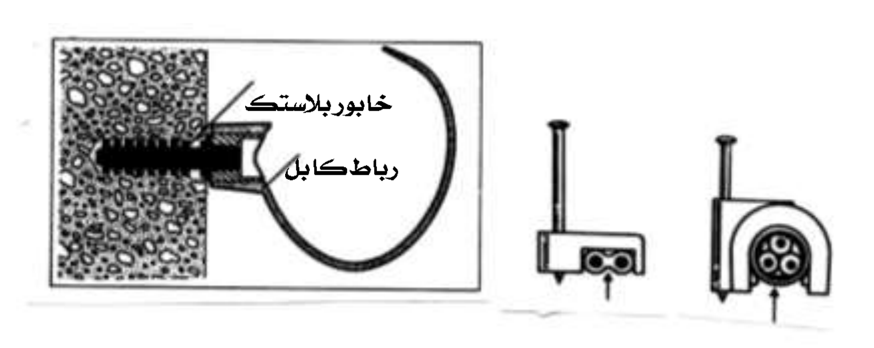


الشكل (٦ - ٤٦)

فعند دخول البرغى الخشب بداخل الخابور البلاستيك ونتيجة للضغط يتمدد الخابور الأمر الذى يجعل إخراج الخابور بالجذب مستحيلاً .

٢ - **استخدام القفزان أوأربطة الكابلات** : وتستخدم هذه الطرق لتثبيت الكابلات أو مواسير البلاستيك على الحوائط المصمتة . والشكل (٦ - ٤٧) يعرض قافيز (أ) للكابلات المستديرة أو المواسير يتم تثبيته بمسمار خشابى (الشكل أ)،

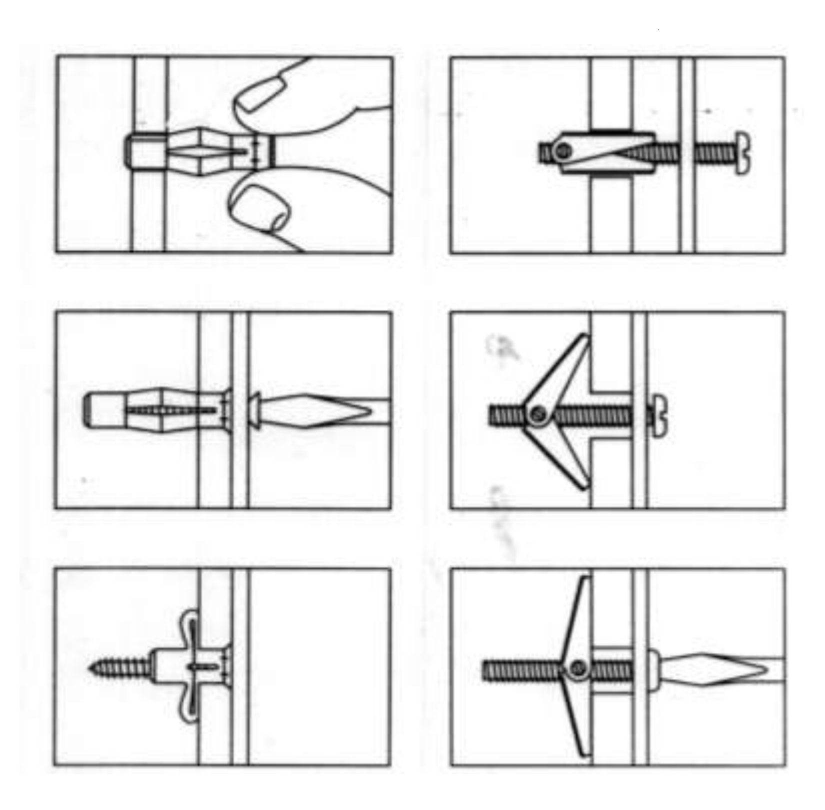
وقافيز للكابلات المبططة يتم تثبيته بمسمار خشابى (الشكل ب)، ورباط كابلات يثبت مع برغى مثبت فى خابور بلاستيك لتثبيت الكابلات والتى لها أى شكل (الشكل ج).



الشكل (٦ – ٤٧)

٣ - التثبيت فوق الحوائط المجوفة باستخدام خوابير الحوائط المجوفة Hollow Wall Plug أو باستخدام المفاصل الزنبركية Spring Toggles .

والشكل (٦ – ٤٨) يعرض الخطوات المتبعة للتثبيت فوق الحوائط المجوفة بخوابير الحوائط المجوفة، (الشكل أ)، أو الخطوات المتبعة للتثبيت فوق الحوائط المجوفة باستخدام المفاصل الزنبركية (الشكل ب).



الشكل (٦ – ٤٨)

والجدير بالذكر أن طريقة التثبيت بخوابير الحوائط المجوفة لا تختلف عن طريقة التثبيت بخوابير البلاستيك المشروحة فى الطريقة الأولى، حيث يتم عمل ثقب بالحائط وثقب الجسم المراد تثبيته، ثم يتم إدخال الخابور فى الحائط، وبعد ذلك يتم تثبيت الجسم ببرغى خشب فى الخابور.

أما طريقة التثبيت بالمفصل الزنبركى فتتم على النحو التالى :

يثقب الحائط ويثقب الجسم المراد تثبيته ثم يتم إدخال المفصل داخل الثقب الموجود بالحائط، وفى نفس الوقت يكون المفصل مثبتًا بالجسم المراد تثبيته عن طريق برغى وبعد إدخال المفصل فى تجويف الحائط ينفرج المفصل، وبعد ذلك يتم رباط البرغى حتى يتم التثبيت علمًا بأنه إذا حاولنا فك الجسم المثبت بالمفصل الزنبركى؛ فإن المفصل سوف يسقط داخل الحائط المفرغ ولن نستطيع استرداده.

الباب السابع

أجهزة الوقاية الكهربية

أجهزة الوقاية الكهربية

٧ / ١ - المصهرات Fuses

تعتبر المصهرات الكهربية هى إحدى عناصر الوقاية الهامة من زيادة التيار الناتج عن زيادة الحمل أو القصر، وهى تتميز بمقدرتها العالية فى فصل الدوائر الكهربية عند زيادة التيار، وتتميز أيضاً بصغر المفاقيد الكهربية فيها وخواص التمييز العالية لها Discrimination والتى سنتناولها بالتفصيل فيما بعد.

وفيما يلى أهم المصطلحات الفنية للمصهرات:

١ - **التيار المقنن للمصهر** Rated current of fuse: وهو أكبر تيار يمر فى المصهر باستمرار بدون أن يحدث تلف لعنصر المصهر وفيما يلى التيارات المقننة القياسية للمصهرات:

2	4	6	8	10	12	16	20	25	32	40	50	80
80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250

٢- أقصى تيار لقاعدة المصهر ويساوى أكبر تيار مقنن للمصهرات التى تستخدم معها القاعدة، حيث إنه فى العادة يمكن استخدام القاعدة الواحدة لأكثر من مصهر له تيارات مقننة مختلفة.

٣- التردد (f) Frequency: وفى حالة غياب هذا التردد فإنه يتراوح ما بين (45: 62HZ).

٤- تيار القصر المتوقع Prospective Current: وهو التيار المتوقع مروره فى المصهر لحظة القصر.

٥- تيار الفصل التقليدى I_f وهو التيار الذى يحدث انصهار للمصهر فى الزمن المحدد والذى يكون أقل من (5S).

٦- تيار عدم الفصل التقليدى I_{nF}: وهو التيار الذى يمكن أن يمر فى المصهر مدة زمنية معينة (1hr) بدون أن يحدث انصهار له.

٧- أقصى سعة للقطع Breaking Capacity: وهى أقصى قيمة لتيار القصر يمكن للمصهر أن يقطعه عند الجهد المقنن.

٨- زمن انقطاع عنصر الإنصهار للمصهر Pre-arcing time: وهو الزمن اللازم لانقطاع عنصر الانصهار عند مرور تيار الفصل التقليدى به.

٩- زمن الشرارة arcing time : وهو الزمن الذى يمر من لحظة انقطاع عنصر الانصهار وبدء الشرارة إلى لحظة اختفاء الشرارة.

١٠- الزمن الكلى Operating time : وهو مجموع زمن انقطاع عنصر الأنصهار وزمن الشرارة.

١١- معامل الانصهار Fusing Factor : هى النسبة بين تيار الفصل التقليدى والتيار المقنن للمصهر.

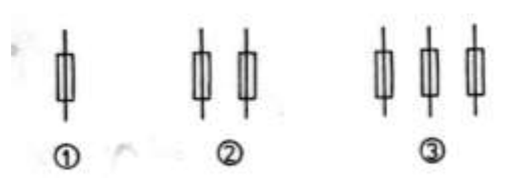
وفيما يلى رموز المصهرات العالمية والألمانية:

حيث إن:

الرمز 1 مصهر قطب واحد.

الرمز 2 مصهر قطبين.

الرمز 3 مصهر ثلاثة أقطاب.



ويمكن تقسيم المصهرات بصفة عامة إلى :

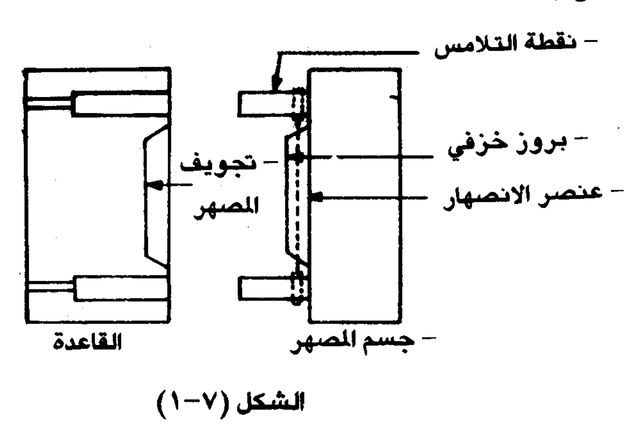
١- مصهرات يعاد تسليكها .

٢- مصهرات خرطوشية Cartiradge Fuses .

٧ / ١ / ١ - المصهرات التى يعاد تسليكها

وهذه المصهرات كانت تستخدم فى الماضى فى المنازل وما زالت تستخدم إلى الآن فى بعض المنازل، حيث يوضع سلك رفيع بين طرفى تلامس المصهر، فإذا انصهر هذا السلك استبدل بآخر ومعامل انصهارها يساوى 2 ، فمثلاً : إذا كان التيار المقنن للمصهر 30A فإن تيار الانصهار المقنن له يساوى 60A تقريباً .

والشكل (٧-١) يعرض قطاعاً لمصهر يعاد تسليكه.



الشكل (٧-١)

وتمتاز هذه المصهرات برخصها وسهولة استبدال عنصر انصهارها بدون أى تكلفة، ويعاب عليها أنها لا توفر الحماية المطلوبة إذا استبدل عنصر انصهارها عند تلفه بآخر أغلظ، كما أن إنصهار عنصر انصهارها قد يتلف المصهر بأكمله نتيجة للشرر الحادث بالإضافة إلى أنها بطيئة.

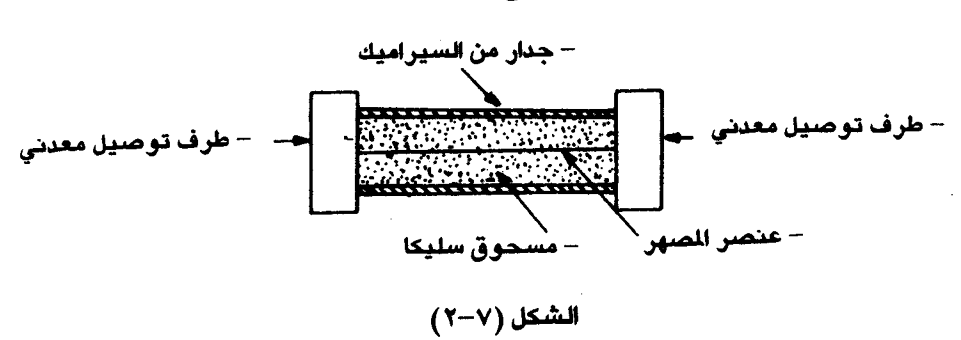
والجدول (٧-١) يبين قطر أسلاك النحاس المستخدمة كعنصر انصهار تبعاً للتيار المقنن.

الجدول (٧-١)

التيار المقنن A	3	5	10	15	20	25	30	45	60	80	100
قطر سلك النحاس mm	0.15	0.2	0.35	0.5	0.6	0.75	0.85	1.25	1.5	1.8	2

٧ / ١ / ٢- المصهرات الخرطوشية

فى هذه المصهرات فإن عنصر الانصهار يكون داخل أنبوبة من الزجاج أو السيراميك وتملى هذه الأنبوبة بمادة مانعة للحريق أو الشرارة مثل: الكوارتز، ويوصل عنصر الانصهار بنقطتى توصيل معدنيتين على أطراف هذه الأنبوبة. والشكل (٧-٢) يعرض قطاعاً فى مصهر خرطوشى بسيط.



الشكل (٧-٢)

وتستخدم المصهرات الخرطوشية فى حماية الأجهزة الكهربية والالكترونية ومآخذ التيار (البرايز)، ولقد تمكنت هذه المصهرات من تغطية جميع عيوب المصهرات التى يعاد تسليكها، ولكن يعاب عليها ارتفاع سعرها حيث يلزم استبدالها بعد كل انصهار.

ويمكن تقسيم هذه المصهرات إلى:

أ - مصهرات اسطوانية Cylinderical type fuses.

ب - مصهرات ريشية Blade type fuses

جـ - مصهرات مسننة Screw type fuses

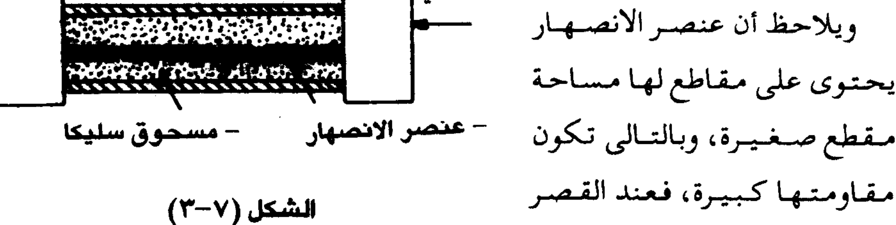
ويندرج تحت المصهرات المسننة ما يلى:

- مصهرات دايزيد Diazed (D).

- مصهرات نويزيد Neozed (Do).

٧ / ١ / ٣- المصهرات الاسطوانية

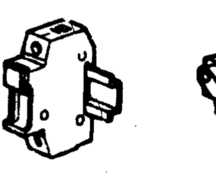
الشكل (٧-٣) يعرض قطاعًا في أحد المصهرات الاسطوانية.

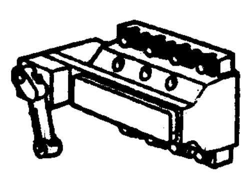


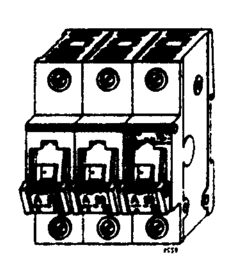
الشكل (٧-٣)

ويلاحظ أن عنصر الانصهار يحتوى على مقاطع لها مساحة مقطع صغيرة، وبالتالى تكون مقاومتها كبيرة، فعند القصر تكون هذه المقاطع هى أضعف أجزاء عنصر الانصهار، فيحدث الانصهار عند إحداها.

والشكل (٧-٤) يعرض عدة نماذج من حوامل المصهرات الاسطوانية، فالشكل (أ) يعرض حامل مصهر قطب واحد، والشكل (ب) يعرض حامل مصهر أربعة أقطاب بذراع سكينة، والشكل (جـ) يعرض حامل مصهر ثلاثة أقطاب.







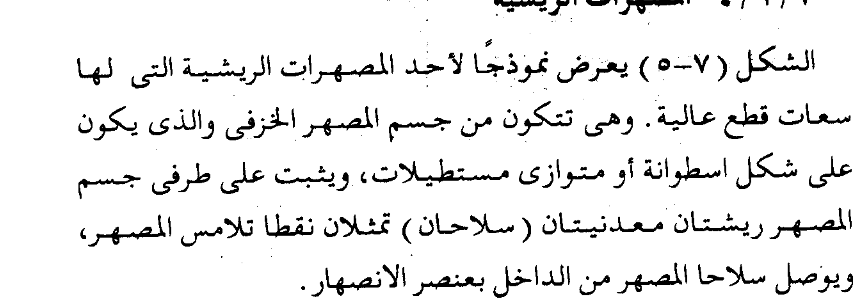
الشكل (٧-٤)

وتتواجد هذه المصهرات بمقاسات مختلفة، فمثلا: توفر شركة **Legrand** الفرنسية ثمانى أحجام كما يلى:

6.3 X 23mm	8.5 X 23 mm	10.3 X 25.8 mm	8.5 X 31.5mm
10.3X31.5mm	10 X 38mm	14 X 5 mm	22 X 58mm

علماً بأن العدد الذى على اليسار يعطى قطر المصهر، والآخر يعطى طول المصهر. ويتراوح التيار المقنن لهذه المصهرات (2:1250A)، وتصل سعة القطع لهذه المصهرات 100KA وهى تستخدم فى حماية الكابلات الرئيسية والمحركات.

٧ / ١ / ٤- المصهرات الريشية



الشكل (٧-٥)

الشكل (٧-٥) يعرض نموذجًا لأحد المصهرات الريشية التى لها سعات قطع عالية. وهى تتكون من جسم المصهر الخزفى والذى يكون على شكل اسطوانة أو متوازى مستطيلات، ويثبت على طرفى جسم المصهر ريشتان معدنيتان (سلاحان) تمثلان نقطا تلامس المصهر، ويوصل سلاحا المصهر من الداخل بعنصر الانصهار.

وتستخدم هذه المصهرات لحماية الكابلات الرئيسية والمحركات والأحمال الكبيرة.

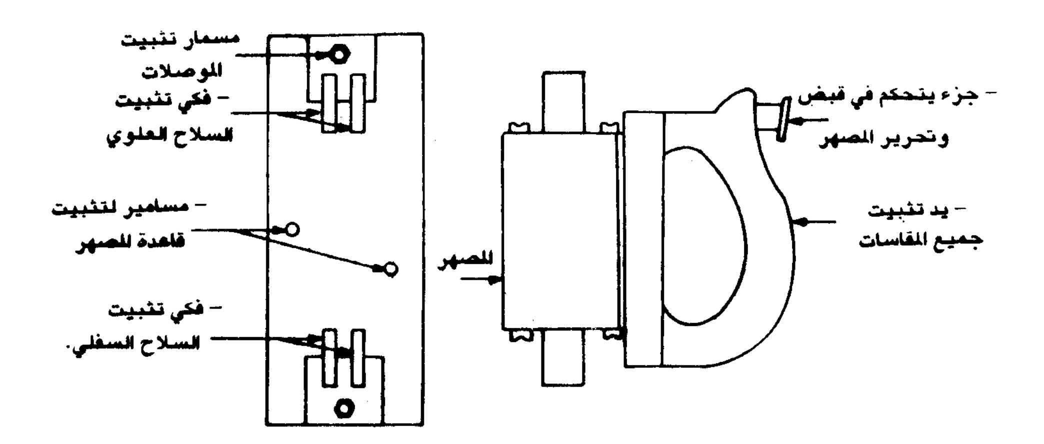
وتتواجد هذه المصهرات بأبعاد مختلفة، فمثلا: شركة Siemens الألمانية توفر ستة أحجام مواصفاتها مبينة بالجدول (٧-٢).

الجدول (٧-٢)

المقاس	تيار القاعدة A	تيار المصهر A	طول المصهر mm	عرض المصهر mm
00	160	6 : 160	120	36
0	160	6 : 160	171	47
1	250	35 : 250	200	59
2	400	80 : 400	225	67
3	630	315 : 630	250	82
4	1250	500 : 1250	320	114

ولتثبيت هذه المصهرات على قاعدتها تستخدم يد تثبيت بالطريقة المبينة بالشكل (٧-٦).

وعادة فإن هذه المصهرات لا يتعامل معها إلا الفنيين المختصين.



الشكل (٧-٦)

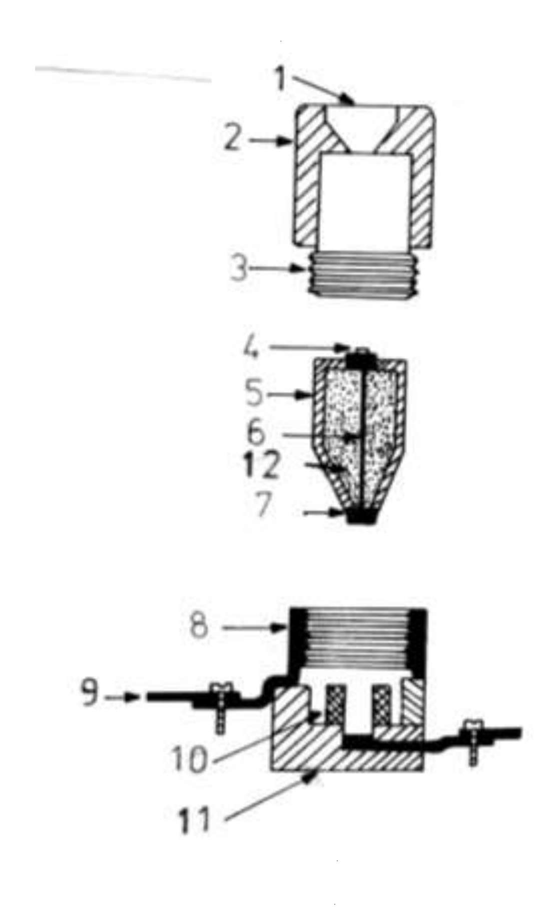
٧ / ١ / ٥- المصهرات المسننة

هذه المصهرات تنتجها عادة الشركات الألمانية المصنعة لأجهزة الوقاية الكهربية. وتتواجد هذه المصهرات فى صورتين وهما: مصهرات الدايزيد D ومصهرات النويزيد Do. ويتشابه كلا النوعين لحد كبير فى الشكل وإن كان حجم الأول أكبر من حجم الثانى. ويوجد بهذه المصهرات أعلام ملونة يمكن مشاهدتها أثناء تثبيت المصهر فى قاعدته، وتساعد على معرفة حالة المصهر، ففى حالة تواجد هذه العلم فإن هذا يعنى أن المصهر سليم، وفى حالة خروج هذه العلم من مكانه يعنى هذا أن المصهر يحتاج لاستبدال. وتتميز هذه المصهرات بسهولة التعامل معها؛ فهى لا تحتاج إلى فنيين للتعامل معها كما هو الحال مع المصهرات الريشية، حيث تزود قاعدة كل مصهر حلقة قطرها يعتمد على تيار المصهر وبذلك يصعب تبديل المصهرات المتجاورة معاً فى لوحة التوزيع بالخطأ.

والشكل (٧-٧) يبين تركيب مصهرات الديزيد وهى تتكون من ثلاثة عناصر وهم: غطاء المصهر (أ) وجسم المصهر (ب) وقاعدة المصهر (جـ).

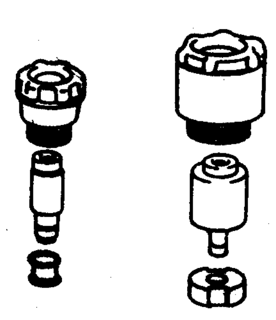
حيث إن :

شباك زجاجى لمعرفة حالة المصهر	1
قاعدة خزفية	2
سن مقلوظ	3
علم ملون	4
جسم خزفى	5
عنصر الانصهار	6
نقطة تلامس	7
قاعدة تثبيت معدنية	8
أطراف توصيل	9
حلقة ملونة قطرها يعتمد على حجم المصهر	10
قاعدة خزفية	11
مادة إطفاء الشرارة	12



الشكل (٧ – ٧)

والشكل (٧-٨) يعرض غطاء جسم المصهر والحلقة الملونة المثبتة بقاعدة المصهر والتى تمنع تبديل مصهر مكان آخر لكلٍّ من مصهر دايزيد (أ) ومصهر نويزيد(ب) .



الشكل (٧ – ٨)

والجدول (٧-٣) يبين المقاسات المختلفة ونوع سن القلاووظ وتيار قاعدة المصهر وتيار المصهر لمصهرات الدايزيد ومصهرات النويزيد .

نوع المصهرات	جهد التشغيل	المقاس	السن	تيار القاعدة	تيار المصهر
دايزيد	500V	DII	E27	25	2:25
		DIII	E33	63	35:63
		DIV	R1 $\frac{1}{4}$	100	80 :100
نويزيد	380V	D01	E14	16	2:16
		D02	E18	63	20 :63
		D03	M30X2	100	80 :100

والجدول (٧-٤) يبين الألوان المختلفة ومدلولاتها بالأمبير لمصهرات الدايزيد والنويزيد .

الجدول (٧-٤)

اللون	وردي	بني	أخضر	أحمر	رمادي	أزرق	أصفر	أسود	أبيض	نحاسي	فضي	أحمر
التيار A	2	4	6	10	16	20	25	30	50	63	80	100
مقاس مصهرات الدايزيد	DII							DIII			DIV	
مقاس مصهرات النويزيد	D01					D02					D03	

٧ / ١ / ٦- الخواص الكهربية للمصهرات الخرطوشية

يمكن تقسيم المصهرات الخرطوشية بصفة عامة حسب خواص الزمن والتيار لها إلى أربعة أقسام وهم كما يلى :

أ- مصهرات بخواص gL (خواص قديمة) وهذه المصهرات توفر حماية كاملة خلال مدى تشغيلها وتستخدم فى حماية الموصلات والكابلات .

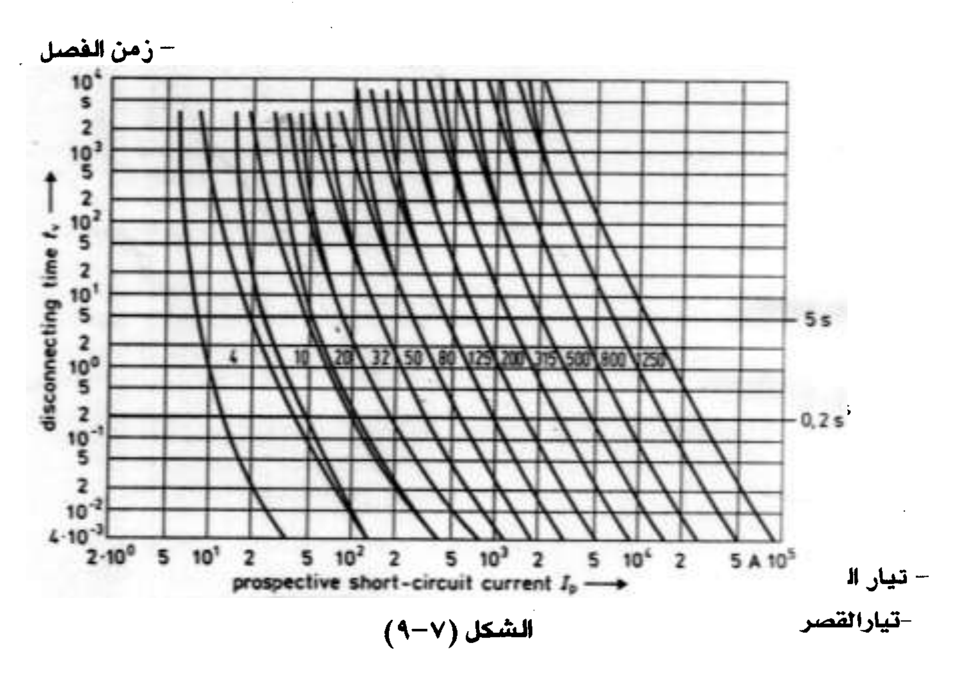
ب- مصهرات بخواص aM (خواص قديمة) وهذه المصهرات توفر حماية جزئية ابتداء من تيار يساوى عدة مرات تيارها المقنن وتستخدم فى حماية المحركات وهى توفر حماية جيدة عند القصر .

جـ- مصهرات بخواص gG (خواص حديثة) وهذه المصهرات توفر حماية كاملة خلال مدى تشغيلها وتستخدم فى حماية الكابلات والموصلات ، وكذلك حماية المحركات باختيار المناسب منها الذى يتحمل تيار بدء المحرك .

د- مصهرات بخواص gM (خواص حديثة) وهذه المصهرات توفر حماية كاملة خلال مدى تشغيلها وهى تستخدم لحماية المحركات من زيادة التيار الناتج عن زيادة الحمل أو القصر .

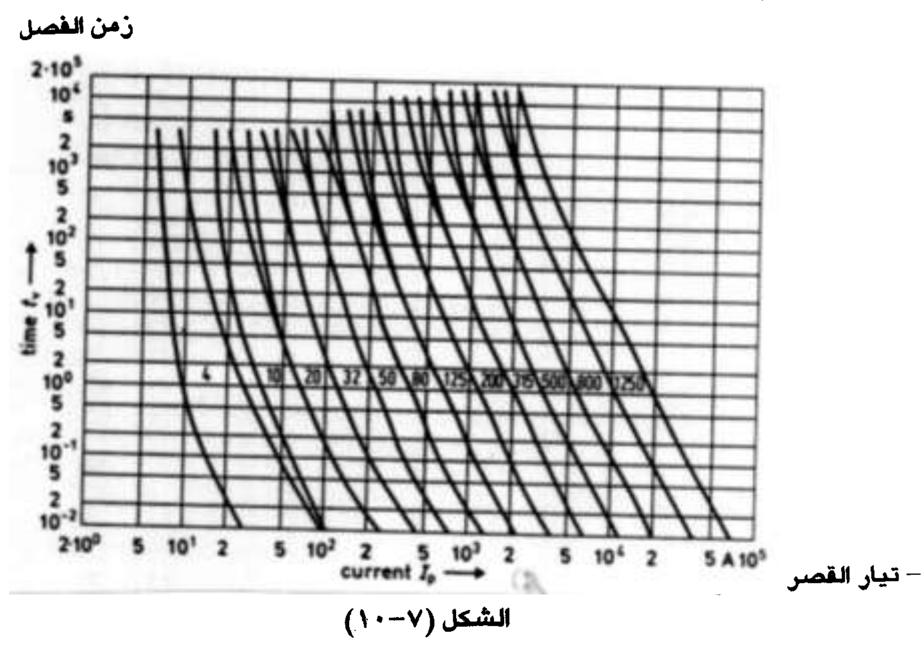
والشكل (٧ - ٩) يعرض خواص gL وهى خواص أنبوبية بمعنى أنه عند أى تيار قصر يوجد قيمتان لزمن الفصل قيمة صغرى وتسمى بزمن الفصل على الساخن، والقيمة العظمى وتسمى بزمن الفصل على البارد .

فعند استخدام مصهر 50A نوع gL وزاد الحمل ليصبح التيار المار 100A فإن زمن فصل هذا المصهر سيتراوح ما بين (50S:700S)، وعندما يكون تيار القصر 500A فإن زمن فصل هذا المصهر سيتراوح ما بين (50mS:3S) .



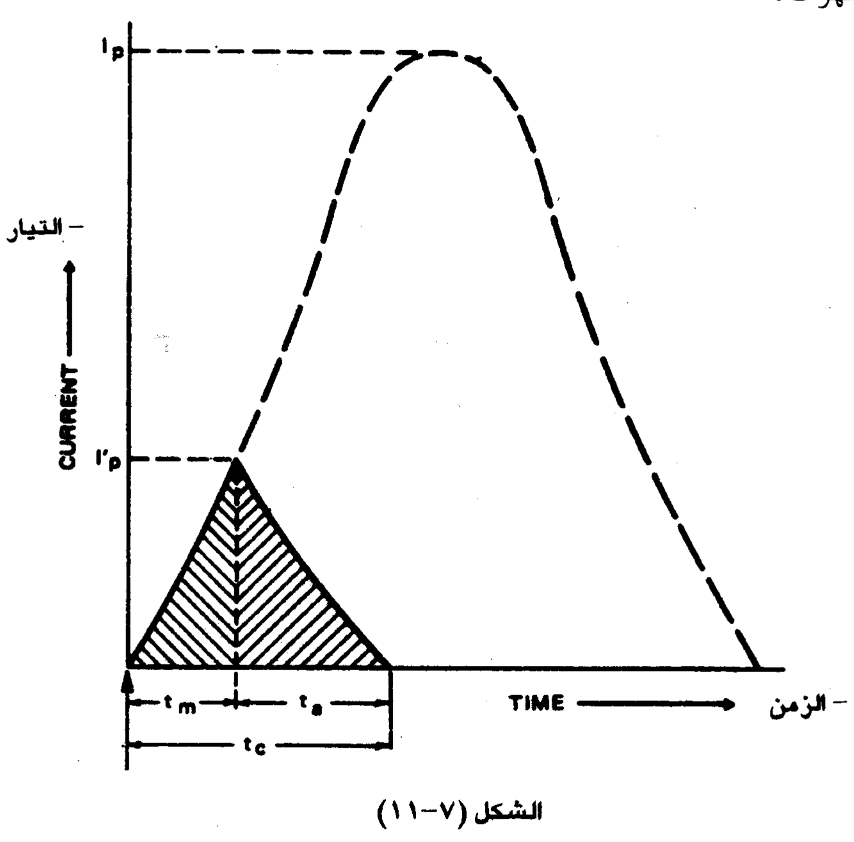
الشكل (٧-٩)

والشكل (٧-١٠) يعرض خواص gG وهى خواص أنبوبية أيضاً، فعند استخدام مصهر 50A نوع gG وزاد الحمل عليه ليصبح 100A فإن زمن الفصل سيتراوح ما بين (100S:1500S)، وعندما يكون تيار القصر 500A فإن زمن الفصل سيتراوح ما بين (30mS:3S).



الشكل (٧-١٠)

والجدير بالذكر أن الشركات المصنعة للمصهرات تقوم بإنتاج مصهرات لها خاصية تحديد تيار القصر. والشكل (٧-١١) يوضح خاصية تحديد تيار القصر للمصهرات.



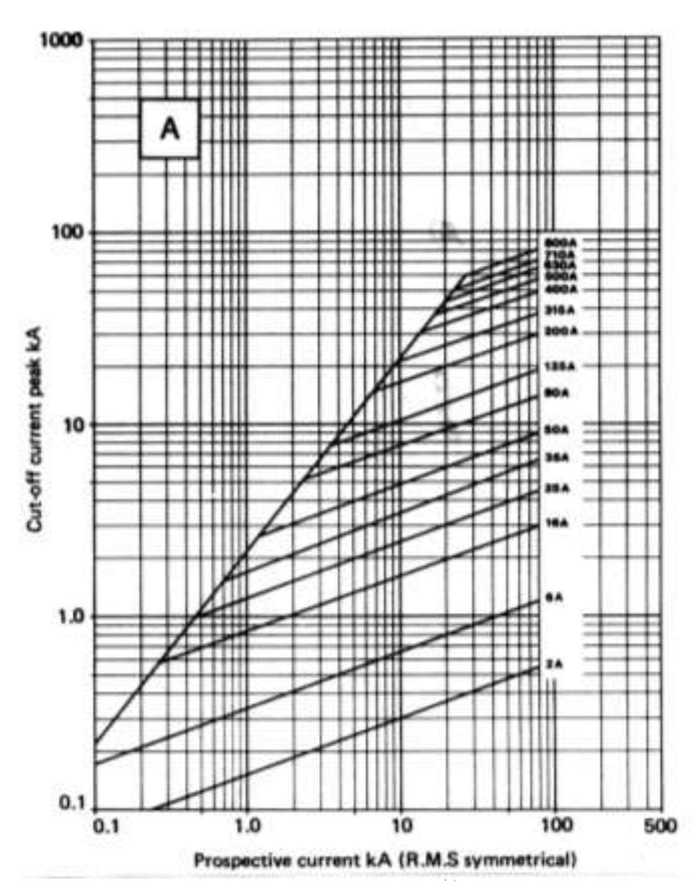
الشكل (٧-١١)

حيث إن:

تيار القصر المتوقع	IP
تيار القصر الذى تم تحديده	$\overline{IP}$
زمن انصهار عنصر الانصهار	tm
زمن القوس الكهربى	ta
الزمن الكلى	tc

والشكل (٧–١٢) يعرض خواص تحديد تيار القصر لمصهرات خرطوشية لها تيار مقنن يتراوح ما بين 2:800A .

تيار القصر المحدد KA



– تيار القصر

الشكل (٧–١٢)

فمثلاً : إذا كان تيار القصر المتوقع هو 20KA مع مصهر 16A فإن تيار القصر المحدد سيساوى 2KA .

٧ / ١ / ٧ – طريقة عرض المعلومات الفنية على المصهرات

توضع المعلومات الفنية التالية على عنصر المصهر:

١ – اسم الشركة المصنعة أو الماركة المسجلة .

٢ – رقم التصنيع أو رقم الكتالوج .

٣ – جهد التشغيل المقنن.

٤ – نوع التيار، مستمر أو متردد.

٥ – التيار المقنن.

٦ – سعة القطع.

٧ – خواص الزمن والتيار.

٨ – نوع المواصفات الفنية التى يخضع لها خواص المصهر عالية IEC أو ألمانيـة VDE أو إنجليزية BS .. إلخ.

أما المصهرات الصغيرة التى تستخدم مع الدوائر الالكترونية فتكتب قيمة التيار والجهد بالطريقة التالية.

10 أو 500 /10 أو 10A/ 500V

وفيما يلى المعلومات الفنية المكتوبة على مصهر بريش من إنتاج شركة Leqrand الفرنسية.

☐ Legrand

18025

Taile3

aM 500A

500 Vac

IEC 269 - 2

NFC 63- 210

VDE 0636- 22

I_S 100KA

حيث إن :

الشركة المصنعة	Legrand
رقم بكتالوج الشركة المصنعة	18025

حجم المصهر 3	Taile 3
خواص المصهر aM	aM
تيار المصهر المقنن 500A	500A
جهد المصهر المقنن 500V مترد	500 Vac
يخضع للمواصفات العالمية IEC	IEC 269-2
يخضع للمواصفات الفرنسية NFC	NFC 63 - 210
يخضع للمواصفات الألمانية VDE	VDE 0636 - 22
أقصى سعة 100KA	I_S 100 KA

٧ / ٢ - قواطع الدائرة المصغرة Miniature circiut breaker

هى وسيلة لتوصيل وفصل الدوائر الكهربية سواء فى الأحوال العادية أو حالات الخطأ، والفرق بين قاطع الدائرة والمفتاح هو أن المفتاح يقوم بوصل وفصل الدائرة يدوياً فى الحالات العادية، أما القاطع فيقوم بوصل وفصل الدائرة يدوياً فى الحالات العادية، ويفصل الدائرة أتوماتيكياً عند حدوث أخطاء بالدائرة كقصر أو زيادة حمل.

مميزات قواطع الدائرة المصغرة:

١- زمن الفصل لها قصير جداً عند حدوث قصر فى الدائرة

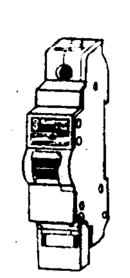
٢- يمكن إعادتها للتشغيل بإعادتها يدوياً لوضع ON بعد إزالة أسباب الخطأ.

٣- يمكن استخدامها كمفتاح رئيسى للدائرة.

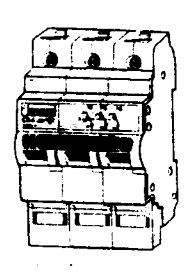
٤- يمكن فصلها يدوياً أثناء عمل الأحمال بدون خوف من حدوث شرارة.

وتصنع هذه القواطع بعدد مختلف من الأقطاب منها ما هو بقطب واحد 1pole، وآخر بقطبين 2Pole ، وآخر بثلاثة أقطاب 3pole ، وآخر بأربعة أقطاب 4pole

والشكل (٧-١٣) يعرض نموذجين لقواطع دائرة مصغرة قطب واحد (الشكل أ)، وثلاثة أقطاب (الشكل ب).



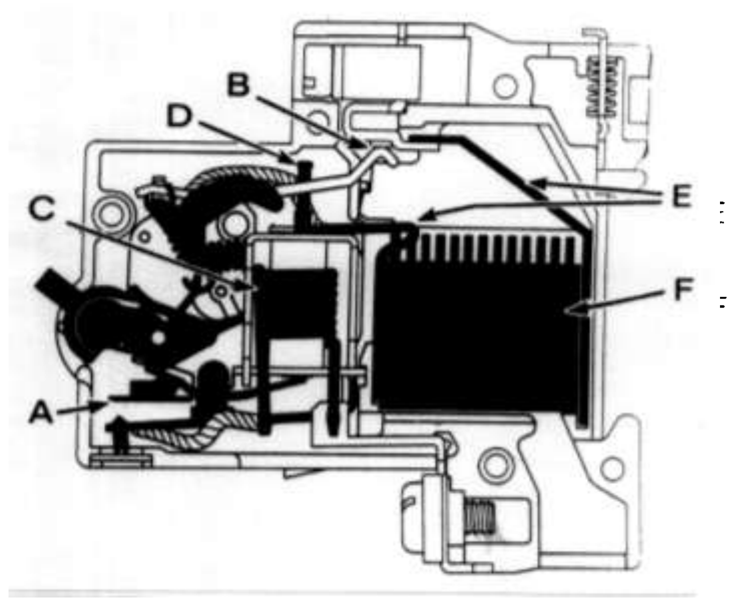
والجدير بالذكر أن قواطع الدائرة المصغرة تحتوى على عنصر فصل حرارى وعنصر فصل مغناطيسى؛ ولذلك فهى مناسبة للحماية من القصر وزيادة الحمل.



علماً بأن القصر ينتج عن إتصال مباشر بين وجهين أو أكثر أو وجه وخط التعادل ووجه وخط الوقاية. أما زيادة الحمل فينتج من زيادة الحمل على أحمال المحركات. وعادة فإن تيار الدائرة يزداد عدة مرات عند القصر تصل إلى 100 مرة، فى حين يزداد تيار الدائرة بحد أقصى مرتين من التيار المقنن عند زيادة الحمل.

والشكل (٧-١٤) يعرض قطاعًا داخليًا فى قاطع دائرة مصغر من شركة (MEM Ltd).

الشكل (٧-١٣)



الشكل (٧-١٤)

حيث إن :

عنصر الفصل الحرارى A

نقاط التلامس B

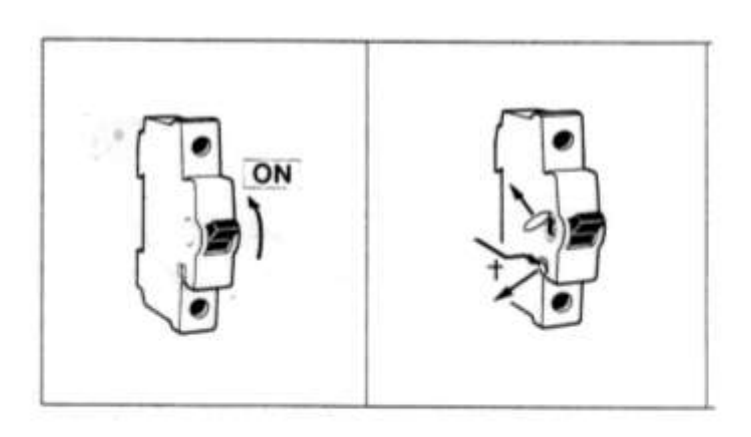
عنصر الفصل المغناطيسى C

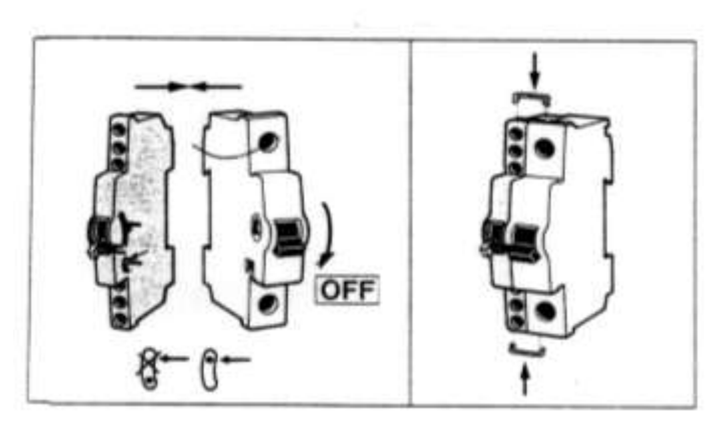
خابور فتح ريش التلامس لعنصر الفصل المغناطيسى D

مسارات الشرارة E

غرفة إطفاء الشرارة F

والجدير بالذكر أنه يمكن إضافة ريش مساعدة لقواطع الدائرة المصغرة يمكن استخدامها فى دوائر التحكم. والشكل (٧-١٥) يبين خطوات إضافة ريش إضافية لقاطع دائرة قطب واحد .



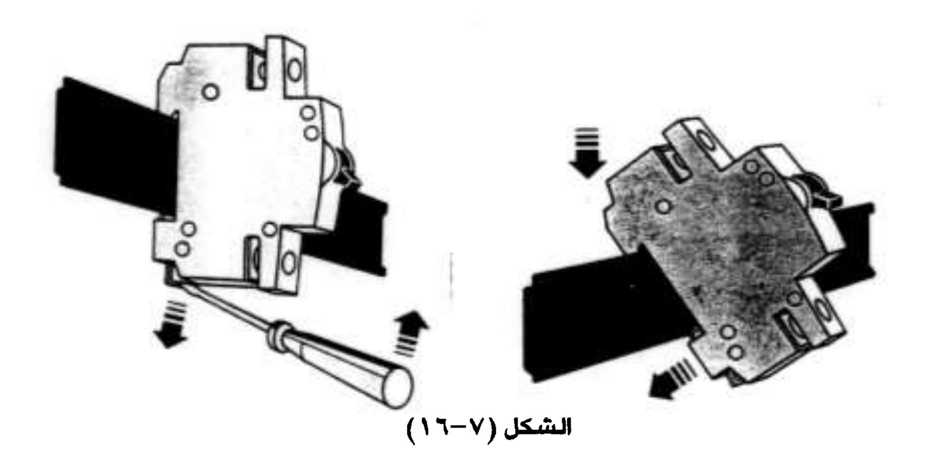


الشكل (٧-١٥)

حيث يوضع القاطع أولاً على وضع ON، ثم يكسر غطاء الفتحة الجانبية للقاطع،

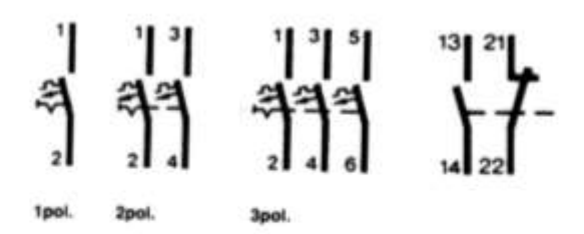
ثم يعاد لوضع off، ويدفع فيه وحدة الريش الإضافية وهى على وضع off أيضاً، وبعد ذلك يتم الربط بينهما بواسطة قامطة ياييية Spring Clamp .

والشكل (٧-١٦) يوضح طريقة تثبيت قاطع دائرة مصغر على قضيب أوميجا.



الشكل (٧-١٦)

وفيما يلى رمز قاطع قطب واحد .1 POL، وآخر قطبين .2 POL، وآخر ثلاثة أقطاب .3POL، ورمز وحدة ريش إضافية بريشة مفتوحة NO، أخرى مغلقة NC بالرموز الألمانية.



٧ / ٢ / ١ - الخواص الكهربية لقواطع الدائرة المصغرة

يمكن تقسيم قواطع الدائرة المصغرة MCB'S تبعاً لخواصها الخاضعة للمواصفات العالية IEC الخاصة بالإصدار 1987 إلى :

١- قواطع دائرة لها خواص B (حديثة) وتقابل خواص L (قديمة).

٢- قواطع دائرة لها خواص C (حديثة) وتقابل خواص U (قديمة)

٣- قواطع دائرة لها خواص D (حديثة).

والجدير بالذكر أن الشركات الكبرى العالمية المنتجة لقواطع الدائرة المصغرة تنتج أنواعًا مختلفة من هذه القواطع بعضها يتطابق مع الخواص القياسية العالمية، والآخر يتطابق مع المواصفات المحلية لبعض الدول.

فمثلاً: معظم الشركات الألمانية تنتج قواطع لها الخواص التالية :

B, C,L,G,U,K

والجدول (٧-٥) يعرض المواصفات الفنية لقواطع دائرة مصغرة لها الخواص التالية :

B,C,D,L,G,K,U

الجدول (٧-٥)

المواصفات القياسية	الخواص	التيار المقنن A	الفصل الحراري		الزمن	الفصل المغناطيسي		الزمن
			التيار الأصغر	التيار الأكبر		التيار الأصغر	التيار الأكبر	
اللجنة الفنية الألمانية VDE واللجنة الفنية العالمية IEC	B	6-63	1.13In		> 1h	3In		>0.1S
				1.45In	<1h		5In	<0.1S
	C	6-63	1.13In		> 1h	5In		>0.1S
				1.45In	<1h		10In	<0.1S
اللجنة الفنية الألمانية VDE	L	6-10	1.5In		> 1h	3.6In		>0.1S
				1.9In	<1h		5.25In	<0.1S
		16- 25A	1.4In		> 1h	3.6In		>0.1S
				1.75In	<1h		4.9In	<0.1S
		32- 63	1.3In		> 1h	3.12In		>0.1S
				1.6In	<1h		4.55In	<0.1S
	G	0.5 - 63	1.05In		> 1h	7 In		>0.2S
				1.35In	<1h		10In	<0.2S

تابع الجدول (٧ – ٥)

المواصفات القياسية	الخواص	التيار المقنن	الفصل الحراري		الزمن	الفصل المغناطيسي		الزمن
			التيار الأصغر	التيار الأكبر		التيار الأصغر	التيار الأكبر	
اللجنة الدولية لشهادات المطابقة للمعدات الكهربية CEE	U	0.5-10	1.5In	1.9In	> 1h <1h	5.25In	12In	>0.1S <0.1S
		12-15	1.4In	1.75In	>1h <1h	4.9In	11.2In	>0.1S <0.1S
		32-63	1.3In	1.6In	>1h <1h	4.5 In	10.4In	>0.1S <0.1S
	K		1.05In	1.2 In	>1h <1h	7 In	10In	>0.1S <0.1S
اللجنة الفنية العالمية IEC	D	6-63	1.13In	1.45In	>1h <1h	10In	50In	>0.1S <0.1S

والجدير بالذكر أن اختلاف خواص MCB'S تتيح الفرصة للاختيار المناسب منها تبعاً للخواص الكهربية للحمل فمثلاً: تستخدم القواطع التى لها خواص L,B فى وقاية الموصلات والكابلات، فى حين تستخدم القواطع التى لها خواص C,U,G,K لوقاية الأحمال التى لها تيار بدء كبير مثل: المحركات– المصابيح المتوهجة – المصابيح الفلورسنت – مصابيح الصوديوم – المحولات .. إلخ.

أما القواطع التى لها خواص D فتستخدم لوقاية الأحمال التى لها تيارات بدء كبيرة جداً، حيث يتضح من الجدول السابق أن زمن الفصل عندما يكون تيار التشغيل 1.13 من التيار المقنن هو أكبر من 1 ساعة (1h) ، وزمن الفصل عندما يكون تيار التشغيل 1.45 من التيار المقنن هو أصغر من 1 ساعة (1h) ، وزمن الفصل عندما يكون تيار التشغيل 10In هو أكبر من 0.1 ثانية (0.1S) ، وزمن الفصل عندما يكون تيار التشغيل 50In هو أصغر من 0.1 ثانية (0.1S) .

وتختار قواطع الدائرة المصغرة تبعاً للتيار المقنن للحمل ومساحة مقطع الموصلات

ونوع الحمل (محرك – مصباح – سخان .. إلخ) وتيار البدء للحمل وتيار القصر الأقصى المتوقع وذلك لمعرفة سعة القطع المطلوبة للقاطع. وسوف نتناول طريقة حساب تيار القصر فى الباب التاسع علماً بأنه يمكن استخدم الجدول (٥–١) فى معرفة التيار المقنن لقواطع الدائرة المستخدمة فى حماية الكابلات.

٧ / ٢ / ٢– عرض المعلومات الفنية على قواطع الدائرة المصغرة

توضع المعلومات الفنية التالية على جسم قاطع الدائرة المصغر MCB.

١– الشركة المصنعة أو الماركة المسجلة.

٢– رقم التصنيع أو رقم الكتالوج.

٣– الجهد المقنن.

٤– تيار التشغيل بدون كتابة الحرف A الدال على أمبير فى حالة خواص B,C,D . على سبيل المثال B16 أى خواص B وتيار 16A.

٥– التردد إذا كان القاطع يعمل على تردد واحد.

٦– أقصى سعة قطع.

٧– مخطط التوصيل إذا كان على غير المتآلف عليه.

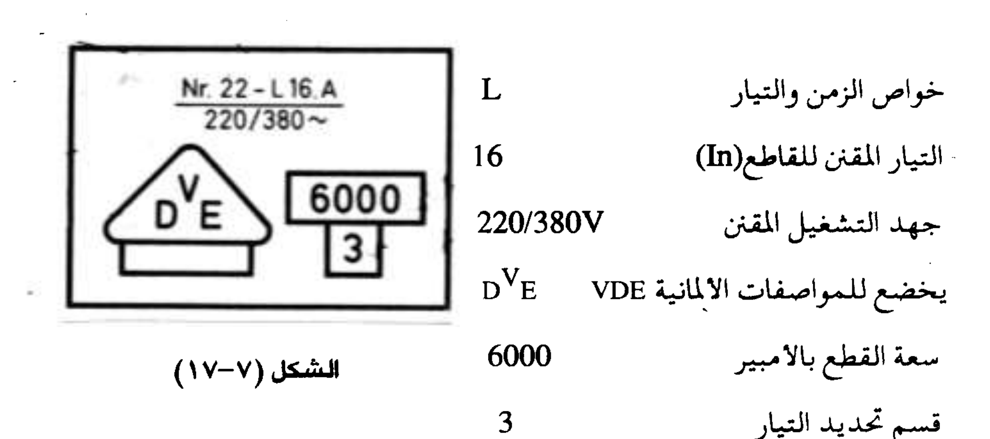
٨– درجة حرارة التشغيل إذا كانت مختلفة عن $30C^0$.

وإذا كان حجم القاطع صغيراً فإن المعلومات رقم (٤,٣,٢,١) توضع على جانب أو خلف القاطع، أما المعلومة رقم ٧ فتوضع داخل علبه القاطع .

والشكل (٧–١٧) يعرض المعلومات الفنية المعروضة على قاطع دائرة مصغر من إنتاج شركة Siemens الألمانية.

حيث إن :

Nr. 22 القيمة الحجمية وتساوى تيار عدم الفصل الطبيعى

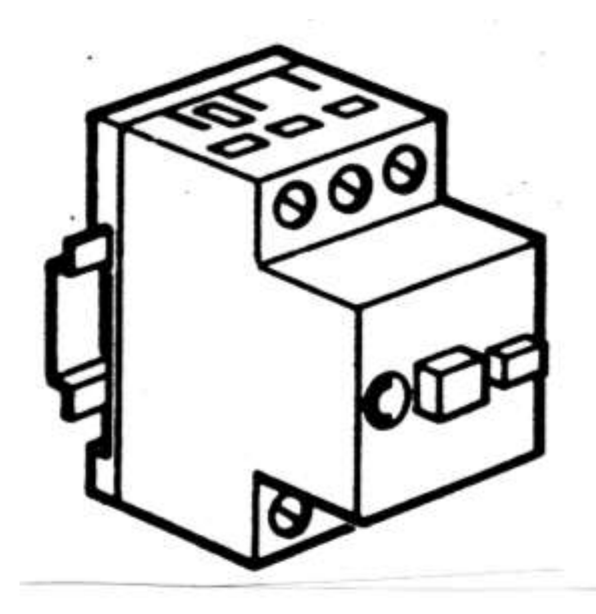


خواص الزمن والتيار	L
التيار المقنن للقاطع(In)	16
جهد التشغيل المقنن	220/380V
يخضع للمواصفات الألمانية VDE	$D^{V}E$
سعة القطع بالأمبير	6000
قسم تحديد التيار	3

الشكل (٧-١٧)

٧ / ٣- قواطع المحركات المصغرة Motor MCB'S

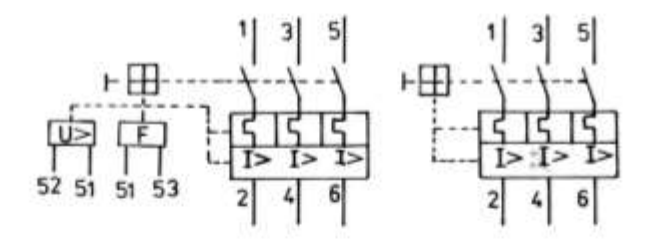
تنتمى قواطع المحركات المصغرة لعائلة القواطع المصغرة، وتتميز هذه القواطع بأنها تكون مزودة بوسيلة لمعايرة تيار التشغيل بالإضافة إلى وسيلة للوصل والفصل اليدوى، كما أنها تكون مزودة بإمكانية إضافة ريش إضافية لها. والشكل (٧-١٨) يعرض صورة لقاطع محركات مصغر. وتزود هذه القواطع بمفتاحين انضغاطين، أحدهما أحمر (O)، والآخر أسود (I).



الشكل (٧-١٨)

ولوضع القاطع على وضع ON يجب الضغط على المفتاح الأسود للداخل، وعند حدوث خطأ يؤدى لفصل القاطع فإن المفتاح الأسود سيخرج للخارج، ولإعادة تشغيل القاطع يجب الانتظار لحين يبرد العنصر الحرارى للقاطع ثم إعادة الضغط على المفتاح الأسود. أما إذا لزم فصل المفتاح ووضعه على وضع off يدوياً يجب الضغط على المفتاح الأحمر للداخل.

وتزود هذه القواطع بوسيلة لضبط تيار التشغيل I على قيمة تساوى In (0.6:1) حيث إن In هو التيار المقنن للقاطع. ويحدث فصل مغناطيسى لهذه القواطع عندما يكون التيار المار فى الدائرة مساوياً I(10:12) ، ويمكن إضافة عنصر فصل للقاطع عند انخفاض الجهد under voltage trip وكذلك عنصر فصل توازى Shunt trip .
وفيما يلى رمز قاطع المحركات المصغر (الرمز 1) ، ورمز قاطع مصغر مثبت عليه عنصر فصل عند انخفاض الجهد U>، وعنصر فصل توازى F.

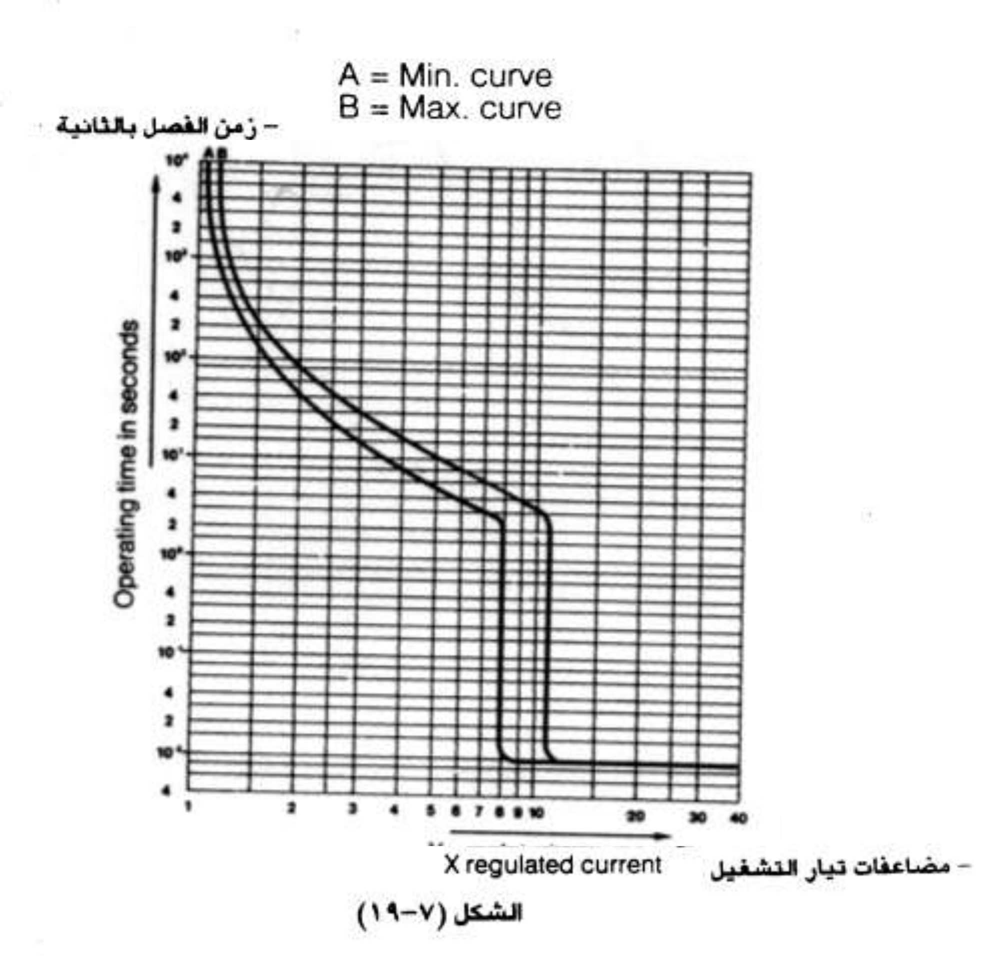


حيث يتم توصيل طرفى عنصر الفصل عند انخفاض الجهد بمصدر الجهد، فعند انقطاع التيار الكهربى أو انخفاض الجهد يقوم هذا العنصر بفصل القاطع.

فى حين أنه عند توصيل أطراف عنصر فصل التوازى بمصدر الجهد يقوم هذا العنصر بفصل القاطع.

ولا تختلف الخواص الكهربية لقواطع المحركات المصغرة عن الخواص الكهربية لقواطع الدائرة عدا أن الأولى قابلة للمعايرة.

والشكل (٧-١٩) يعرض خواص الزمن والتيار لقواطع المحركات المصغرة المنتجة فى شركة Legrand الفرنسية.



الشكل (٧–١٩)

والجدول (٧–٦) يعرض دليل اختيار قواطع المحركات المصغرة المنتجة فى شركة Leqrand الفرنسية والتى لها سعة قطع 6000A عند جهد 380V.

الجدول (٧–٦)

التيار المقنن In (A)	0.16	0.25	0.4	0.63	4.0	1.6
تيار للعايرة للقاطع Ir (A)	0.1-0.16	0.16-0.25	0.25- 0.4	0.4-0.63	0.63-1	1-1.6
التيار المقنن In (A)	2.5	4	6	10	16	20
تيار للعايرة للقاطع Ir (A)	1.6-2.5	2.5-4	4-6	6.3-10	10-16	16-20

مثال: المطلوب اختيار قاطع المحركات المناسب وتحديد تيار المعايرة له والخاص بمحرك استنتاجي ثلاثي الأوجه قدرته 10kw ويعمل عند جهد 380V ومعامل قدرته 0.8.

الإجابة:

يمكن تعيين تيار تشغيل المحرك من المعادلة

$$I = \frac{P}{\sqrt{3}\ V\ COS\phi}$$

$$= \frac{10 \times 1000}{\sqrt{3} \times 380 \times 0.8} = 19A$$

ومن الجدول (٧-٦) يمكن اختيار قاطع تياره المقنن In=20A ، وتيار معايرته يتراوح ما بين Ir=16:20A، ويتم ضبط هذا القاطع على Ir=19A ، فإذا أصبح تيار الحمل يساوى 2Ir، فإن زمن الفصل من الشكل (٧-١٩) يساوى (40:100S) ، فى حين أنه إذا أصبح تيار الحمل مساوياً 8Ir فإن زمن الفصل المعين من الشكل (٧-١٩) سيساوى (10mS:2S).

٧ / ٤ - قواطع الجهد المنخفض LVCB'S

تعمل قواطع الجهد على توفير الوقاية من زيادة الحمل وكذلك القصر والتسرب الأرضى وانخفاض الجهد وذلك لأحمال الجهد المنخفض.

ويمكن تقسيم هذه القواطع تبعاً لتركيبها إلى:

١- قواطع الدائرة المقولبة Moulded Case Circuit Breakers : وتكون هذه القواطع متكاملة ومغلفة بغلاف بلاستيكى. وعادة فإن هذه القواطع غير قابلة للفك ولا يمكن صيانتها واستبدال ريش تلامسها عند التلف بل تستبدل كلياً، وتصل التيارات المقننة لهذه القواطع إلى 4000A ، وسعة قطعها تصل إلى

170KA . علماً بأن هذه القيم تتغير يوماً بعد يوم نتيجة للتطور التكنلوجى فى صناعة هذه القواطع .

٢- قواطع الدائرة المفتوحة Open- type Circuit Breakers : وتتكون هذه القواطع من مجموعة من الموديولات Modules يمكن استبدالها فى أى وقت، كما أن هذه القواطع معدة لصيانتها وتغيير ريش تلامسها، وتصل التيارات المقننة لهذه القواطع إلى 5000A وسعة قطعها إلى 250KA . علماً بأن هذه القيم قابلة للتغير مع التطور التكنلوجى.

ويمكن تقسيم قواطع الجهد المنخفض من حيث طريقة فصلها إلى :

١- قواطع تفصل عند تيار يساوى الصفر. Current - Zero Interruption

حيث تقوم بإطفاء شرارة الفصل عند مرور التيار بالصفر فى النصف الثانى للموجة وتسمى هذه القواطع بقواطع غير محددة للتيار.

٢- قواطع تحدد التيار وتقوم هذه القواطع بقطع التيار أثناء تزايده فى النصف الأول للموجة قبل أن يصل إلى القيمة العظمى ويمكن تحقيق ذلك بعدة طرق وهم كما يلى :

أ - يكون القاطع له مقاومة كبيرة لعنصر الفصل الحرارى والمغناطيسى تعمل على تحديد تيار القصر لقيم يمكن التحكم فيها وفصلها بالقاطع .

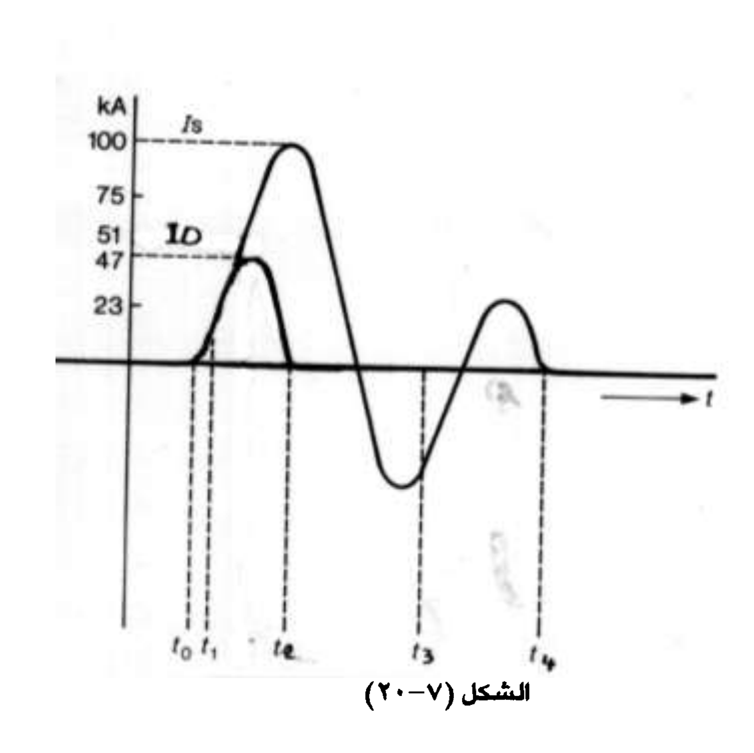
ب - يكون للقاطع زمن فصل صغير جداً.

والشكل (٧-٢٠) يوضح الفرق بين عمل القواطع غير المحددة للتيار والتى تفصل التيار عند المرور بالصفر، والقواطع التى تحدد تيار القصر.

حيث إن :

تيار القصر الأقصى المتوقع	I_S
تيار القصر المحدد باستخدام قاطع محدد للتيار	I_D

لحظة حدوث القصر	to
لحظة فتح أقطاب القاطع المحدد للتيار	t1
لحظة قطع التيار تماماً عند استخدام قاطع محدد للتيار	t2
لحظة فتح أقطاب القاطع غير المحدد للتيار	t3
لحظة قطع التيار تماماً عند استخدام قاطع غير محدد للتيار	t4



الشكل (٧-٢٠)

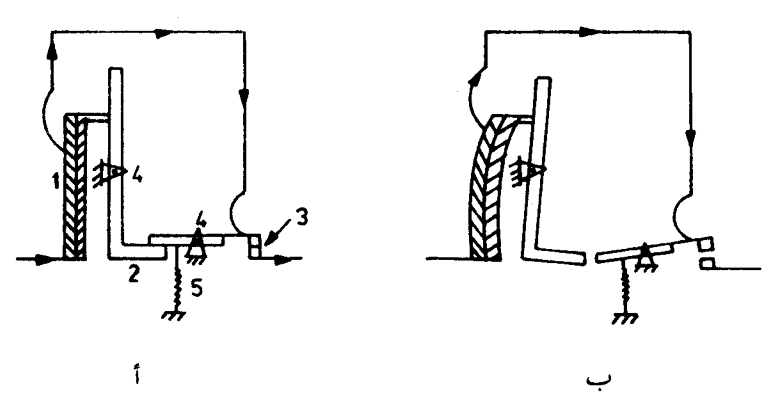
وتحتوى هذه القواطع بصفة عامة على نظام فصل عند زيادة التيار يتكون من :

- عنصر فصل حرارى بطىء Thermal realease
- عنصر فصل مغناطيسى يعمل لحظياً Instantaneous Magnetic release
- عنصر فصل مغناطيسيى بتأخير زمنى قصير Short delay Magnetic realse

أولاً: نظام الفصل الحرارى

يعمل هذا النظام على وقاية الدائرة من التيارات الناتجة عن زيادة الأحمال، وهو يتكون من شريحة ثنائية المعدن مكونة من معدنين لهما معامل تمدد حرارى مختلف، وعند مرور تيار أكبر من تيار الحمل المقنن تنثنى هذه الشريحة فيحدث فصل للقاطع ويختلف زمن الانثناء الكامل لهذه الشريحة والمسبب لفصل القاطع باختلاف التيار المار، فكلما زاد التيار المار قل هذا الزمن والعكس بالعكس.

والشكل (٧-٢١) يبين طريقة عمل نظام الفصل الحرارى، فالشكل (أ) لنظام فصل حرارى فى الوضع الطبيعى، والشكل (ب) لنظام الفصل الحرارى لحظة مرور تيار كبير.



الشكل (٧-٢١)

حيث إن:

شريحة ثنائية المعدن	1
سقاطة	2
نقاط التلامس	3

محور ارتكاز	4
ياى	5

ثانياً: عنصر الفصل المغناطيسى

ويعمل هذا العنصر على توفير الوقاية من تيارات القصر، ويتكون من ملف كهربى له قلب حديدى يعمل كرافعة لآلة الفصل المغناطيسى، فعندما يزداد التيار المار فى الملف الكهربى ليصل إلى حد معين يتحرك القلب الحديدى ليجذب آلية الفصل مسبباً فصل القاطع فى زمن يتراوح ما بين (10:30mS) وذلك فى حالة عناصر الفصل المغناطيسية الفورية. ويمكن إدخال مؤقت زمنى الكترونى فى القاطع لإحداث تأخير زمنى قصير عند الفصل المغناطيسى. والشكل (٧-٢٢) يبين تركيب عنصر الفصل المغناطيسى بصورة مبسطة.

حيث إن:

نقط التلامس للقاطع	1
ياى	2
مفصل	3
الملف الكهربى والقلب المغناطيسى	4
رافعة	5
سقاطة	6

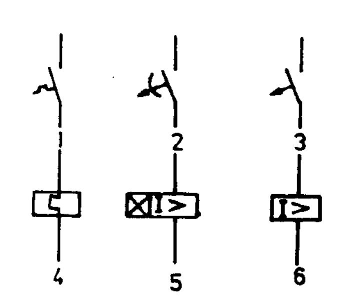
الشكل (٧-٢٢)

والجدول (٧-٧) يبين الرموز المستخدمة مع قواطع الجهد المنخفض.

الجدول (٧-٧)

الرموز الألمانية		خواص الفصل عند زيادة التيار	الرمز الحرفى	وظيفة القاطع
الرمز الصندوقى	رمز الدائرة			
4	1	تاخيـر زمنى يتناسب عكسياً مع تيار الحمل	a	وقاية من زيادة التيار
5	2	تاخير زمنى عند القصر يمكن معايرته.	z	وقاية من القصر بتأخير زمنى
6	3	فصل لحظى عند القصر	n	وقاية من القصر

وفيما يلى الرموز المستخدمة فى الجدول (٧-٧)



ويمكن تقسيم قواطع الجهد المنخفض تبعًا لنظام التشغيل إلى :

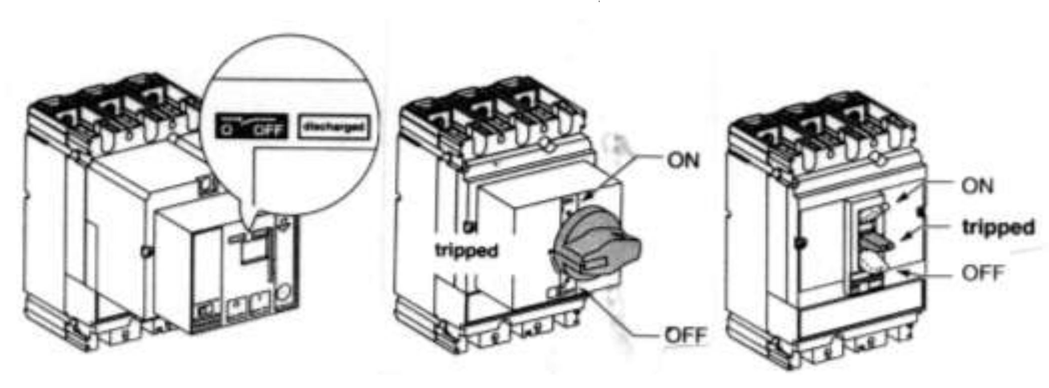
١ - قواطع تعمل بنظام يدوى للغلق والفتح بدون وحدة تخزين للطاقة مثل: القواطع المقولبة العادية حيث تزود بذراع تشغيل قلابة Toggle، أو بذراع تشغيل دوارة Rotary.

٢ - قواطع مزودة بذراع يدوية لشحن ياى الغلق، حيث يتم شحن ياى الغلق بتحريك الذراع حركة ترددية وبعد شحن اليااى والضغط على ضاغط الغلق

Close يغلق القاطع وعادة تزود هذه القواطع بنظام ربط ميكانيكى لمنع تشغيل ضاغط الفتح Open، والغلق Close فى لحظة واحدة.

٣ – قواطع بنظام شحن يدوى وكهربى ليـاى الغلق يعمل على شحن ياى الغلق كهربيًا بواسطة ملف أو ملفين كهربيين، ويعمل على شحن ياى الغلق يدويًا بواسطة ذراع يدوى كالنوع السابق. وتوجد أنواع من هذه القواطع تستخدم محرك كهربى فى الشحن الكهربى لياى الغلق.

والشكل (٧–٢٣) يعرض ثلاثة أنواع من القواطع المقولبة المصنعة بشركة Merlin Gerin الفرنسية. فالشكل (أ) لقطاع بذراع تشغيل قلاب Toggle، والشكل (ب) لقاطع بذراع تشغيل دوارة Rotary، والشكل (جـ) لقاطع يعمل بمحرك.



الشكل (٧–٢٣)

وتتواجد قواطع الجهد المنخفض إما ثابتة، أو يمكن سحبها.

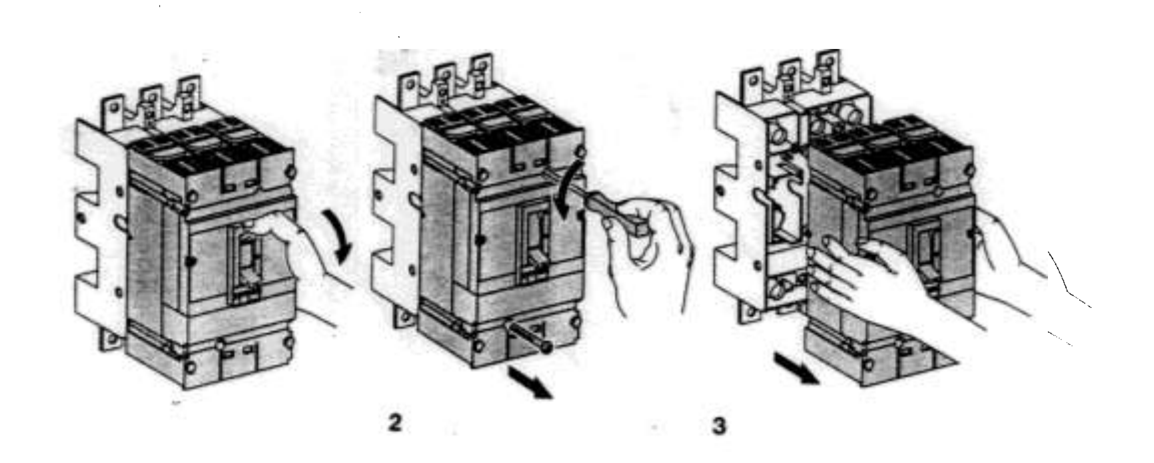
والشكل (٧– ٢٤) يبين مراحل فك القواطع المقولبة الثابتة وهى كالآتى:

1 يوضع ذراع التشغيل على وضع O.

2 فك مسامير التثبيت.

3 اجذب القاطع أفقيًا للخارج.

علمًا بأن خطوات التجميع هى عكس خطوات الفك.



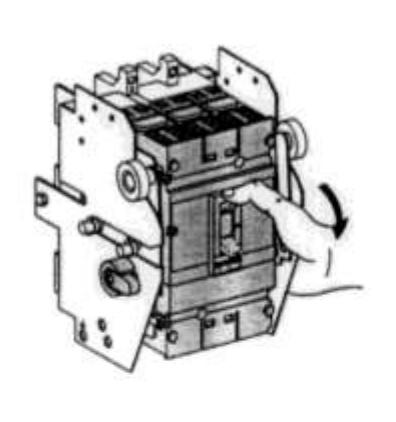
الشكل (٧-٢٤)

والشكل (٧-٢٥) يبين مراحل فك القواطع المقولبة التى يمكن سحبها والمصنعة بشركة Merlin Gerin الفرنسية وهى كالآتى :

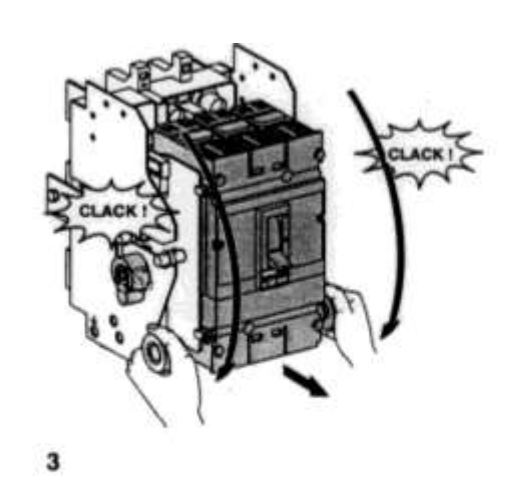
1 يوضع ذراع التشغيل على وضع O .

2 أدر ذراعى الأحكام .

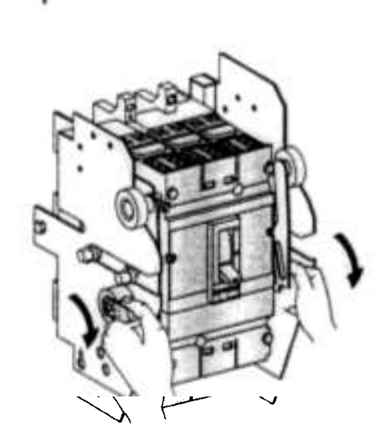
3 اسحب ذراعى السحب لأسفل فى آن واحد حتى يصدر صوت فرقعة من ذراعى الإحكام، علماً بأن خطوات التجميع عكس خطوات الفك .



1



3



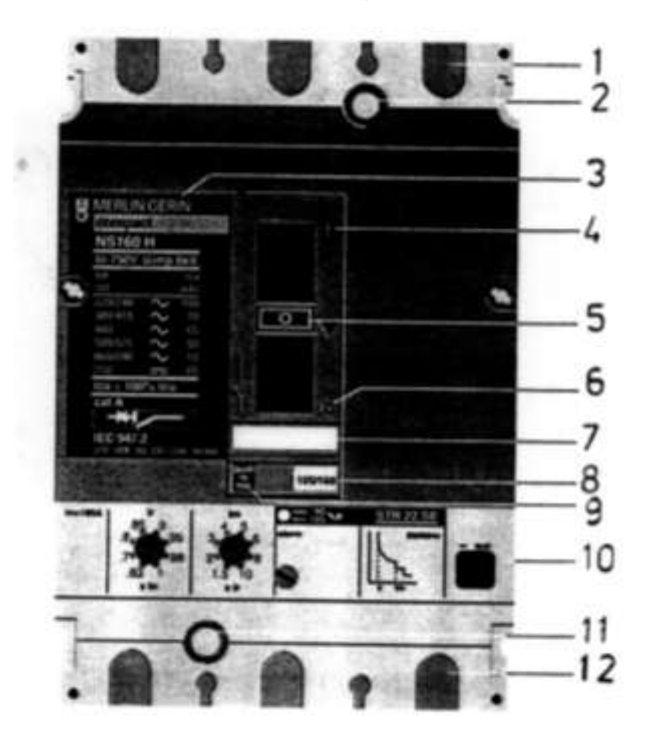
2 -

الشكل (٧-٢٥)

والشكل (٧-٢٦) يعرض محتويات وجه قاطع مقولب يعمل بذراع تشغيل قلابة من إنتاج شركة Merlin Gerin

حيث إن :

نقاط توصيل خرج القاطع	1
فتحات تثبيت القاطع	2,11
لوحة بيانات القاطع	3
علامة تحديد وضع التشغيل I	4



الشكل (٧-٢٦)

ذراع تشغيل يدوية 5

علامـــــة تحديـــــــد

وضـــع الفـصـــــــــلO 6

كان لكتابه بيانات خاصة 7

التيار المقنن لوحدة الفصل 8

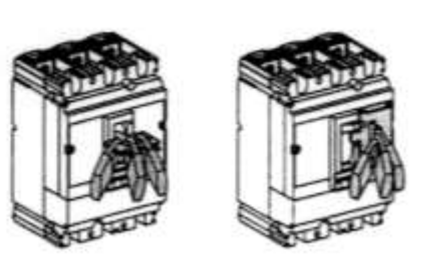
ضـــــاغط الـفــــصـل 9

ضاغط الاختبار 10

نقاط توصيل دخل القاطع12

ويلاحظ أن للقـاطع ثلاثة أوضــاع؛ وضع الـتـشـغـيـل I ويكون ذراع الـتـشـــغـيـل لأعلى، ووضع الفــصــل O ويكون ذراع التـشـغـيل لأسـفل، ووضع الفـصل عند الخطأ Tripped ويـكـون ذراع تشغيل القاطع فى موضع متوسط بين الوضعين السابقين. ولإعادة القاطع بعد الفصل عند الخطأ لوضـع التشغيل I يجب تحريك ذراع التشغيل لوضع الفصل O، ثم إعـادة ذراع التشغيل بعد ذلك لوضع التشغيل I.

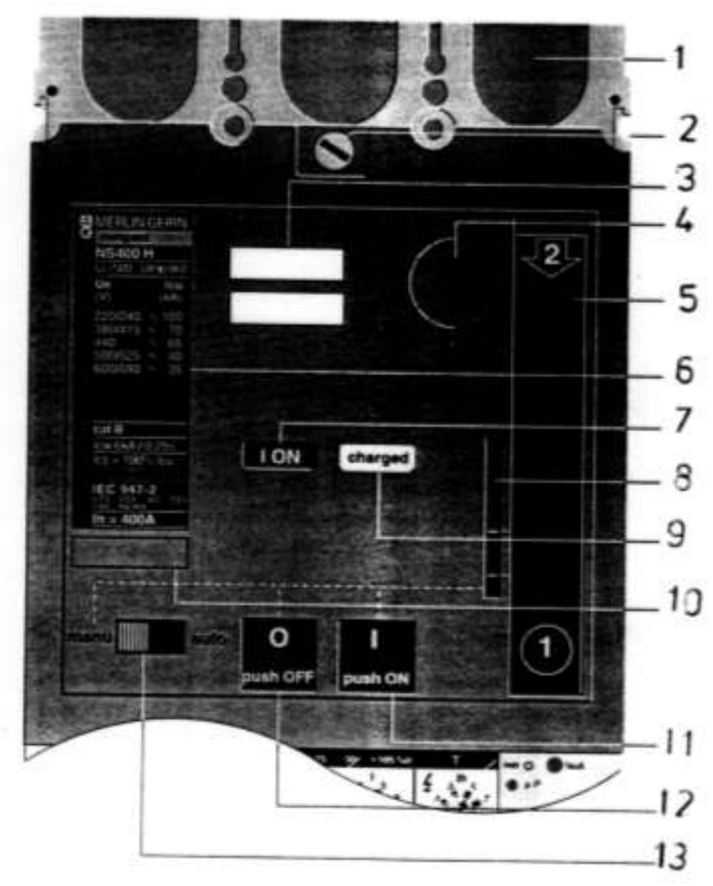
وعادة تزود هذه القواطع بوسيلة لتثبيت قفل يدوى لمنع الأشخاص غير المسموح لهم بتغيير وضع القاطع. والشكل (٧-٢٧) يعـرض طرق تثـبـيـت أقـفـال يدوية للقـواطع المقولبـة ذات ذراع التـشغيل القـلابة المصنعة بشركة Merlin Gerin الفرنسية.



الشكل (٧-٢٧)

والشكل (٧-٢٨) يعـرض مـحـتـويات وجـه قـاطع مـقـولب يعـمـل بمحـرك من إنتـاج

شركة Merlin Gerin الفرنسية.



الشكل (٧-٢٨)

حيث إن :

نقاط توصيل خرج القاطع	1	مكان وضع قفل يدوى لمنع إمكانية تغيير وضع القاطع	8
وسيلة ربط الموديلات الإضافية	2		
مكان لكتابة بيانات خاصة	3	مبين حالة شحن الياى	9
مكان قفل القاطع بمفتاح قفل فى وضع الفصل	4	عداد لعد مرات الفصل	10
		ضاغط الغلق	11
ذراع الشحن	5	ضاغط الفتح	12

لوحة بيانات	6	مكان اختيار طريقة تشغيل	13
مبين حالة التشغيل للقاطع فتح	7	القاطع يدوى / أتوماتيكى	
o أو غلق I			

وفيما يلى دورتى التشغيل اليدوية والأتوماتيكية لهذا القاطع.

١ - دورة تشغيل القاطع عند اختيار التشغيل اليدوى:

عندما يكون القاطع على وضع OFF، وياى القاطع مشحون Charged يكون القاطع جاهزاً للغلق ON بمجرد الضغط على ضاغط الغلق، ويصبح ياى القاطع غير مشحون discharged. وعند حدوث فصل متعمد بالضغط على ضاغط الفتح أو فصل نتيجة لخطأ بالدائرة يتحول القاطع لوضع OFF ويظل ياى القاطع غير مشحون حتى يتم شحنه بواسطة ذراع الشحن اليدوية بتحريكها حركة ترددية 9 مرات، وفى هذا الحالة يصبح القاطع جاهزاً للغلق بمجرد الضغط على ضاغط الغلق وتتكرر دورة التشغيل وهكذا.

٢ - دورة تشغيل القاطع عند اختيار التشغيل الأتوماتيكى:

فعندما يكون القاطع على وضع OFF، وياى القاطع مشحون Charged وبمجرد وصول نبضة تشغيل أتوماتيكية يتحول القاطع ON ويصبح ياى القاطع غير مشحون discharged وعند حدوث فصل للقاطع متعمد وذلك بالضغط على ضاغط الفصل، أو فصل أتوماتيكى عند حدوث خطأ فإن الياى سوف يشحن تلقائياً، وبمجرد تمام عملية الشحن تصل نبضة تشغيل أتوماتيكية وتتكرر دورة التشغيل بمجرد وصول نبضة تشغيل كهربية.

علماً بأن نبضة التشغيل الكهربية يمكن التحكم فيها من غرف التحكم من بعد بواسطة المشغلين وهذا لا يجعل هناك حاجة لذهاب المشغل لمكان القاطع. وعادة تزود القواطع المقولبة ذات المحرك بوسيلة لتثبيت قفل يدوى لمنع الأشخاص غير المسموح لهم بتغيير وضع القاطع خصوصاً أثناء أعمال الصيانة، حيث يوضع القاطع على وضع OFF ويستخدم قفل لمنع تغيير وضع القاطع. والشكل (٧-٢٩) يعرض طريقة تثبيت أقفال يدوية لقاطع مقولب يعمل بمحرك من إنتاج شركة Merlin Gerin الفرنسية.

٧ / ٤ / ١ - الخواص الكهربية لقواطع الجهد المنخفض

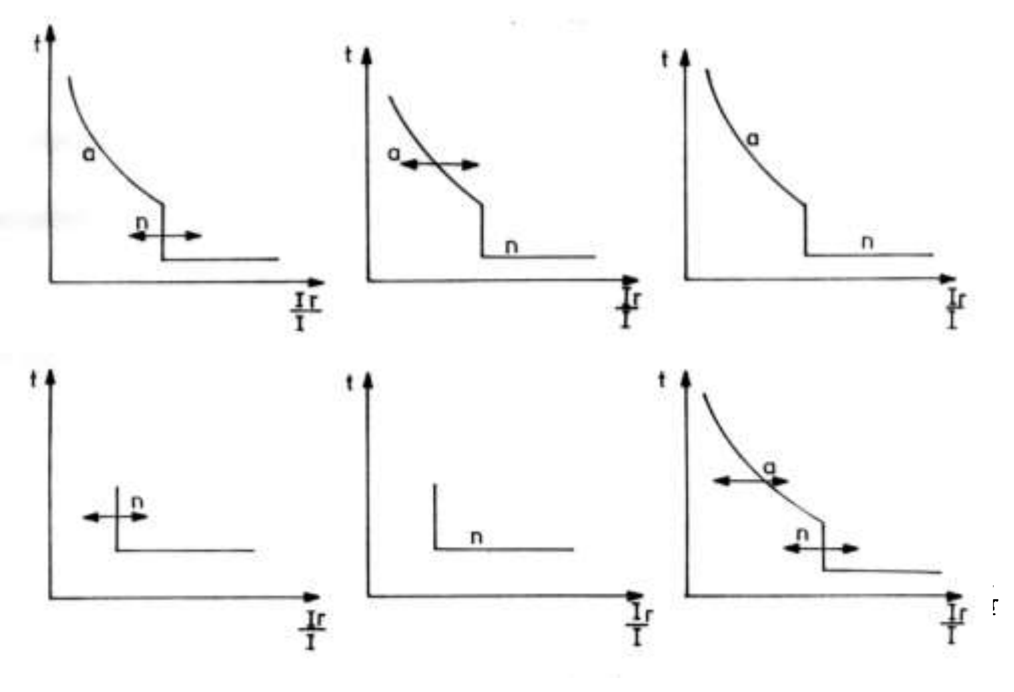
الشكل (٧-٣٠) يعرض خواص الزمن والتيار المختلفة لقواطع الجهد المنخفض المزودة بعناصر الفصل الحرارية والمغناطيسية.

الشكل (٧-٢٩)

حيث إن:

a تعنى تأخير زمنى عكسى عند زيادة الحمل.

n تعنى فصل فورى عند القصر.



الشكل (٧-٣٠)

ويلاحظ من الشكل (أ) أن خواص التأخير الزمنى العكسى عند زيادة الحمل a وكذلك خواص الفصل الفورى عند القصر n ثابتة، وتمثل هذه الخواص خواص القواطع المقولبة المستخدمة فى أنظمة التوزيع. أما فى الشكل (ب) فإن الخواص a قابلة للمعايرة والخواص n ثابتة، وهذه الخواص لقواطع المحركات وكذلك قواطع أنظمة التوزيع. وفى الشكل (جـ) فإن خواص a ثابتة وخواص n قابلة للمعايرة تبعاً لتيار القصر المطلوب أن يفصل عنده القاطع. وهذه الخواص لقواطع التوزيع ذى

السعات الكبيرة .

وفى الشكل (د) فإن كلا من الخواص a,n قابلة للمعايرة، وهى تمثل خواص قواطع المحركات وقواطع أنظمة التوزيع . وفى الشكل (هـ) فإنه لا يوجد خواص a فى حين أن خواص n ثابتة، وهى تمثل خواص قواطع العزل . وفى الشكل (و) فإنه لا يوجد خواص a فى حين أن خواص n قابلة للمعايرة وهى خواص قواطع البدء .

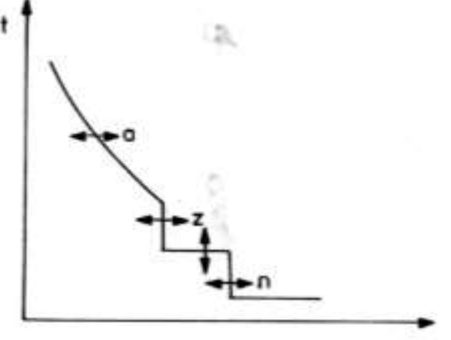
والجدول (٧-٨) يعرض خواص القواطع المقولبة MCCB'S المنتجة بشركة Leqrand الفرنسية والتى تخضع للمواصفات القياسية العالمية IEC .

الجدول (٧ - ٨)

الرمز	حدود معايرة تيار الأوجه(A) I	حدود معايرة تيار خط التعادل (A)	حدود تيار الفصل المغناطيسى للأوجه (A)	حدود الفصل المغناطيسى خط التعادل (A)	سعة القطع عند 380V (KA)
DPX 63	45:63	-	630	-	25
DPX 100	70:100	-	1000	-	
DPX 125	90:125	-	1250	-	
DPX 160	100:160	-	6000	-	
DPX 250	160:250	-	875:2500	-	35
DPX 320	250:320	-	1600:3200	-	
DPX 400	320-400	-	2000-4000		
DPX 500	400:500	-	2500:5000		50
DPX 630	500:630	-	3150:6300		
DPX 800	630:800		4000:8000		
DPX 250	160:250	100:160	875:2500	560:1600	30
DPX 320	250:320	160:200	1600:3200	1000:2000	
DPX 400	320:400	200:250	2000:4000	1250:2500	

وتوفر شركة Legrand موديولات تسرب يمكن تثبيتها مع هذه القواطع فى أحد جانبيها أو أسفلها وتزود هذه الموديولات بوسيلة لضبط تيار التسرب لتأخذ أحد القيم التالية 30 mA, 300 mA, 1 A, 3 A ، وهذه الموديولات مزودة بضاغط اختيار وضاغط تحرير.

ولقد قامت الشركات المصنعة لقواطع الجهد المنخفض بإنتاج قواطع مزودة بوحدة فصل الكترونية بدلاً من وحدة الفصل الحرارية المغناطيسية. والشكل (٧-٣١) يعرض خواص الزمن والتيار لهذه القواطع. ويلاحظ من منحنى خواص الزمن والتيار أنه يتكون من ثلاثة منحنيات:



الشكل (٧-٣١)

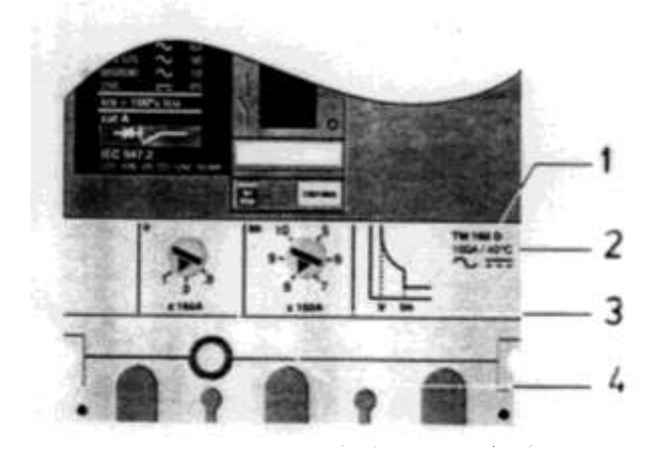
منحنى الفصل المتأخر عند زيادة الحمل a

منحى الفصل المتأخر عند القصر z

منحنى الفصل الفورى عند القصر n

٧ / ٤ / ٢ - معايرة القواطع ذات عناصر الفصل الحرارية والمغناطيسية

الشكل (٧-٣٢) يعرض أماكن المعايرة فى قواطع مقولبة مزودة بوحدة فصل حرارية ومغناطيسية من إنتاج شركة Merlin Gerin الفرنسية.



حيث إن:

1 رمز كودى للشركة لوحدة الفصل

2 التيار المقنن In ودرجة الحرارة

3 القصوى لوحدة الفصل مكان معايرة التيار المغناطيسى Im

مكان معايرة التيار الحرارى Ir 4

حيث يضبط تيار الفصل الحرارى Ir عند قيمة تتراوح ما بين (0.8:1In) فمثلاً:
عند ضبط تيار الفصل الحرارى Ir عند 0.9 فإن:

$$Ir = 160 \times 0.9 = 144\ A$$

فعند زيادة تيار الحمل عن 144A فإن القاطع سوف يفصل فى زمن يتراوح ما بين 3 ثوانى إلى ساعتين تبعاً لقيمة تيار الحمل.

أما تيار الفصل المغناطيسى Im فيضبط عند قيم تتراوح ما بين 5:10 مرات من تيار القاطع المقنن In.

ولنفرض أنه تم ضبط التيار المغناطيسى Im عند 8 هذا يعنى أن:

$$Im = 8 \times 160 = 1280\ A$$

وفى هذه الحالة فإن القاطع سيفصل لحظيًا عند تعدى تيار القصر 1280 A.

٧ / ٤ / ٣ - معايرة القواطع ذات عناصر الفصل الالكترونية

الشكل (٧ -٣٣) يعرض أماكن المعايرة فى قواطع مقولبة مزودة بمكانين للمعايرة من إنتاج شركة Merlin Gerin الفرنسية.

حيث إن:

رمز كودى لوحدة الفصل 1

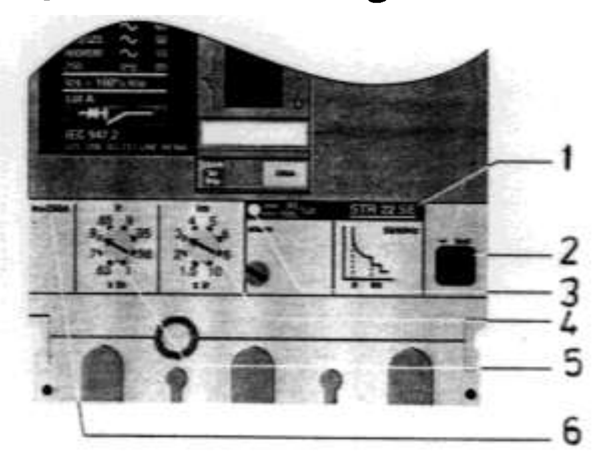
ضاغط اختبار 2

لمبة بيان الإنذار المبكر 3

مكان معايرة تيار الفصل عند القصر 4

مكان معايرة تيار الفصل عند زيادة الحمل 5

التيار المقنن لوحدة الفصل الالكترونية In 6 .



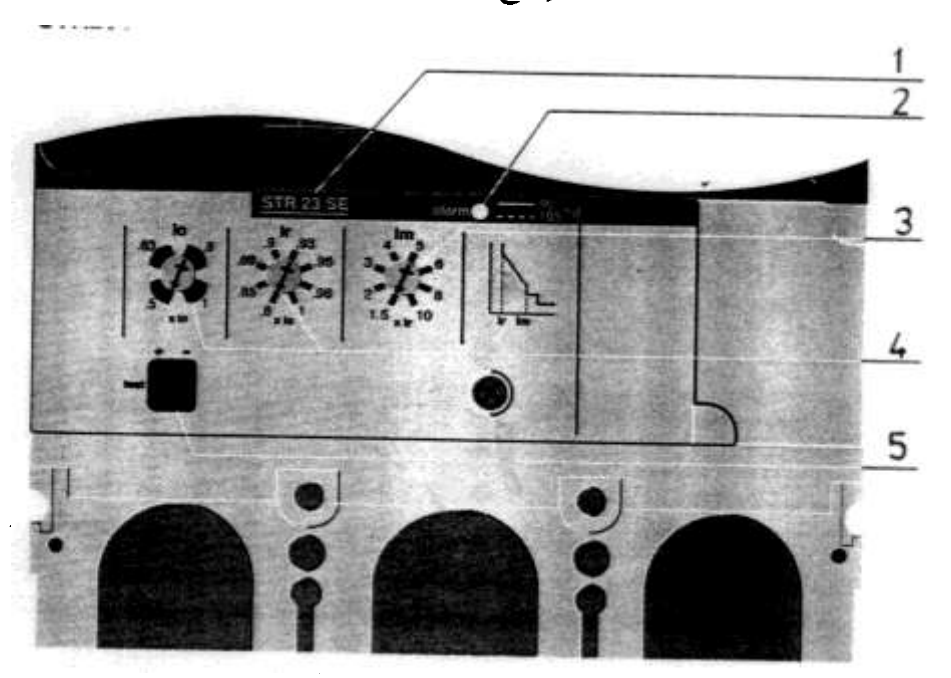
الشكل (٧-٣٢)

والجدير بالذكر أن لمبة الإنذار تضىء عند وصول تيار الحمل إلى 0.9 Ir بضوء ثابت، وتضىء عند وصول تيار الحمل 1.05 Ir بضوء متقطع، ويتم معايرة تيار

الفصل عند زياة الحمل Ir عند قيم تتراوح ما بين In (0.63:1) ، فى حين يتم معايرة تيار الفصل عند قيم تتراوح ما بين Ir (1.5:10) .

فعند تعدى تيار الحمل التيار Ir يفصل القاطع فى زمن يتراوح ما بين 3 ثوانى إلى ساعتين، وعند تعدى تيار الحمل التيار Im يفصل القاطع لحظياً .

والشكل (٧-٣٤) يعرض أماكن المعايرة لقاطع مقولب مزود بوحدة فصل الكترونية بثلاثة أماكن للمعايرة من إنتاج شركة Merlin Gerin الفرنسية .



الشكل (٧-٣٤)

حيث إن:

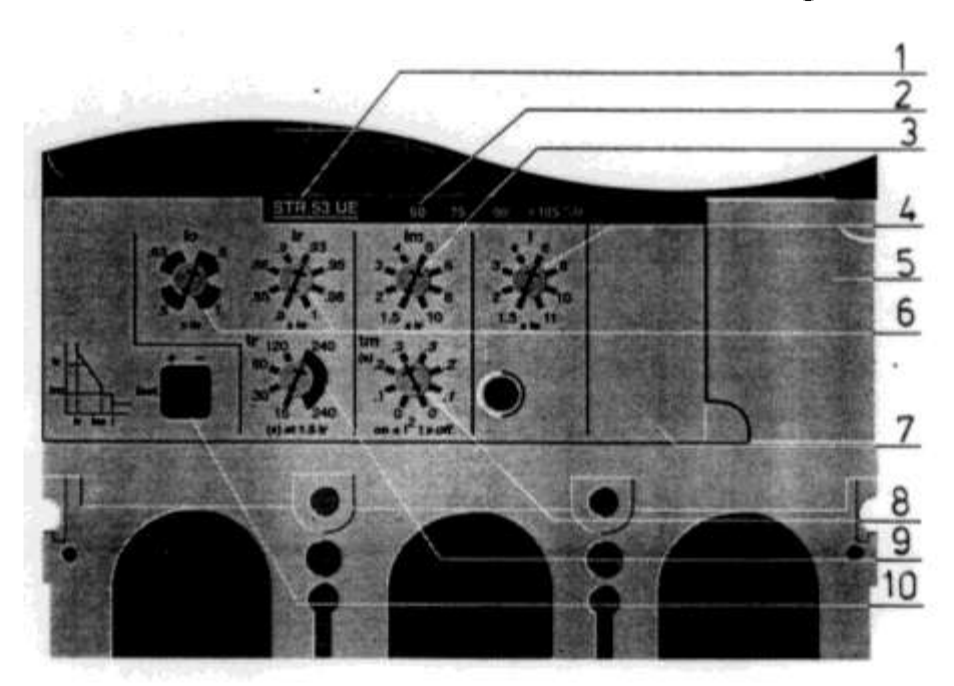
رمز كودى لوحدة الفصل	1
لمبة بيان الإنذار المبكر	2
مكان ضبط تيار الفصل اللحظى Im	3
مكان ضبط تيار الفصل الطويل Ir	4
مكان اختبار القاطع	5

ويتم ضبط تيار الأساس Io عند قيم تتراوح ما بين (0.63:1) من التيار المقنن للقاطع.

ويتم ضبط تيار الفصل الطويل عند زيادة الحمل Ir عند قيم تتراوح ما بين (0.8:1) Io .

ويتم ضبط تيار الفصل اللحظى عند القصر Im عند قيم تتراوح ما بين (1.5:10) Ir .

والشكل (٧-٣٥) يعرض أماكن المعايرة لقاطع مقولب مزود بستة أماكن للمعايرة من إنتاج شركة Merlin Gerin الفرنسية.



الشكل (٧-٣٥)

حيث إن:

رمز كودى لوحدة الفصل	1
أربع لمبات بيان للإنذار المبكر	2
تيار الفصل فى زمن قصير Im	3

تيار الفصل اللحظى I	4
مجرى يوضع فيها موديول تحديد نوع الخطأ	5
تيار الفصل فى زمن طويل Ir	6
مجرى يوضع فيها موديول تسرب أرضى	7
زمن التأخير القصير tm	8
زمن التأخير الطويل	9
مكان اختبار القاطع	10

وفى هذا القاطع يمكن معايرة زمن الفصل عند زيادة الحمل t_r بالثانية والمقابل تيار حمل يساوى (1.5 Ir).

وكذلك يمكن معايرة زمن الفصل القصير عند وصول التيار إلى قيمة Im.

أما تيار الفصل الفورى I فهو يمثل قيمة التيار الذى عنده يحدث فصل فورى للقاطع.

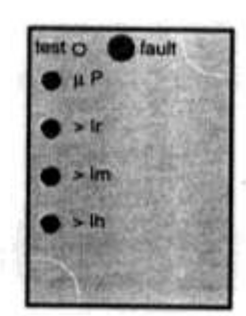
والشكل (٧ - ٣٦) يعرض موديول تحديد نوع الخطأ من إنتاج شركة Merlin Gerin الفرنسية. وتزود هذه الوحدة بضاغط اختبار Test وأربع لمبات بيان وهم كما يلى:

لمبة بيان وجود مشكلة بالميكروبروسيسور µP.

لمبة بيان زيادة تيار الحمل Ir <.

لمبة بيان حدوث قصر أدى للفصل بعد زمن قصير أو الفصل اللحظى Im<.

لمبة بيان حدوث تسرب أرضى Ih <.

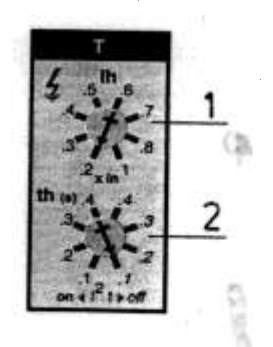


الشكل (٧-٣٦)

والشكل (٧-٣٧) يعرض موديول التسرب الأرضى من إنتاج شركة Merlin Gerin الفرنسية.

حيث إن:

مكان ضبط تيار التسرب Ih	1



الشكل (٧-٣٧)

مكان ضبط زمن الفصل بالثانية th 2

والجدير بالذكر أن شركة Merlin Gerin الفرنسية توفر جهاز لاختبار وحدة فصل القاطع، وكذلك جهاز لاختبار المعايرة وذلك لقياس زمن الفصل الطويل عند 1.5 Ir وزمن الفصل اللحظى عند 15 Ir، وزمن الفصل عند حدوث تسرب أرضى مقداره 0.8 In.

٧ / ٤ / ٤ - اختيار قواطع الجهد المنخفض

توجد عدة نقاط تؤخذ فى الاعتبار عند اختبار قواطع الجهد المنخفض وهى كالآتى:

١- حساب التيار المقنن للقاطع In والذى يعتمد على تيار الحمل أو مساحة مقطع الكابلات.

٢- حساب سعة القطع القصوى Breaking Capacity وذلك بحساب تيار القصر الأقصى وسوف نتعرض لذلك فى الفقرة (٨ / ٣).

٣- معرفة تيار البدء وزمن البدء للأحمال التى لها تيار بدء كبير مثل: المحركات.

٤- تحديد نوع القاطع المطلوب تبعًا لنوعية التثبيت.

٥- تحقيق الانتقائية مع القواطع الأخرى فى الدائرة وسوف نتناول ذلك فى الفقرة (٨ / ٥).

٦- تحديد درجة حرارة الوسط المحيط.

٧- تحديد نوعية نظام التشغيل فى القاطع.

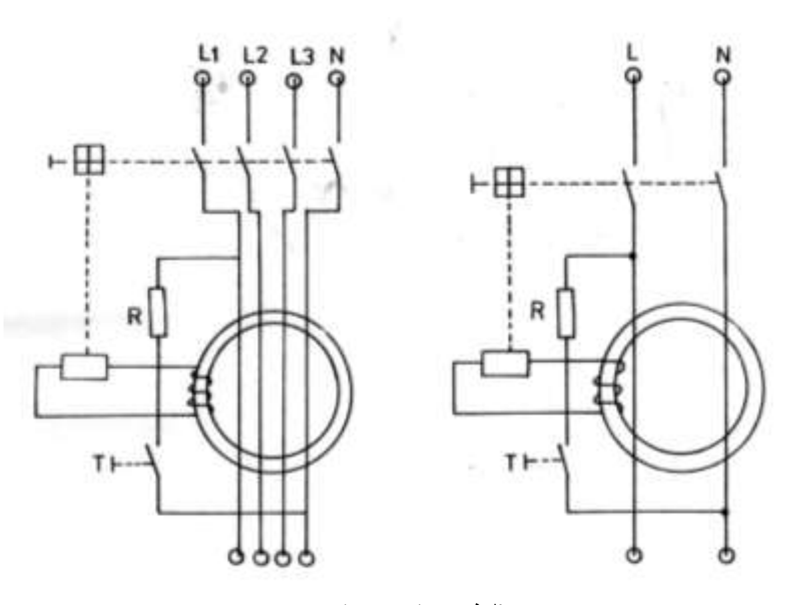
والجدير بالذكر أن الشركات المصنعة توفر عادة دليل لاختيار القواطع من منظور ظروف تشغيل القاطع ونوع الحمل وتيار التشغيل المقنن وسعة القطع القصوى مع تحقيق الانتقائية الأمر الذى يوفر على المستخدم الكثير من الحسابات المعقدة.

٧-٥ قواطع التسرب الأرضى (ELCB's)

يوجد لهذه القواطع عدة مسميات مثل: أجهزة التيار المتخلف (Rcd's)، ومقطعات العطل الأرضى (GFI'S)، وقواطع التسرب الأرضى (ELCB'S). وتستخدم هذه القواطع لفصل الدائرة بمجرد تسرب تيار صغير للأرضى قد يصل إلى 6 mA لبعض قواطع التسرب الأرضى، علمًا بأن تيار التسرب قد يكون ناتجًا عن ملامسة الإنسان لأحد الخطوط الكهربية، وحيث إن هذا التيارصغير ولا يكفى لفصل قواطع الحماية من زيادة التيار أو المصهرات الأمر الذى يلزم استخدام هذا النوع من القواطع.

والجدير بالذكر أن تيار التسرب الأرضى قد يؤدى إلى حدوث انفجارات وحرائق فى الأماكن الخطرة والتى تحتوى على أبخرة قابلة للاشتعال أو الانفجار.

والشكل (٧-٣٨) يعرض الدائرة الداخلية لقاطع تسرب أرضى بقطبين (الشكل أ) وبأربعة أقطاب (الشكل ب).



الشكل (٧-٣٥)

فقاطع التسرب الأرضى ذو القطبين يتكون من ريشتين متصلتين بموصلين يمران داخل محول تيار صفرى Zero current transformer، ويوصل ملف محول التيار بريلاى الفصل الذى يتحكم فى فتح ريش القاطع عند حدوث تسرب أرضى،

ويوصل الموصل N مع الموصل L من خلال مقاومة R ، وكذلك ضاغط اختبار T، فعند الوضع الطبيعى يتم الضغط على ضاغط تشغيل آلة الوصل S لقاطع التسرب فتغلق ريش القاطع، وفى الوضع الطبيعى فإن التيار المار فى الوجه L للحمل يساوى التيار الراجع فى خط التعادل N من الحمل، وبالتالى فإن تيار التسرب I_Δ يساوى:

$$I_\Delta = I_L - I_N > 0$$

وعند حدوث تسرب لبعض التيار الراجع إلى أرضى المنشأة فإن $I_L > I_N$ وبالتالى فإن

$$I_\Delta = I_L - I_N > 0$$

وعندما يكون تيار التسرب I_Δ أكبر من أو يساوى تيار التسرب المقنن $I_{\Delta N}$ والذى يساوى عادة 30 mA فإن قاطع التسرب سوف يفصل ريشه ويمكن اختيار هذا القاطع بالضغط على الضاغط T حيث يصبح:

$$I_\Delta = I_L$$

وتختار المقاومة R بحيث يكون تيار التسرب أكبر من تيار التسرب المقنن للقاطع $I_{\Delta N}$ فيقوم القاطع بفصل الدائرة.

أما قاطع التسرب الأرضى ذو الأربعة أقطاب فهو لا يختلف فى تركيبه عن قاطع التسرب ذو القطبين إلا فى عدد الأقطاب وفى حالة الأحمال الثلاثية الأوجه فإن:

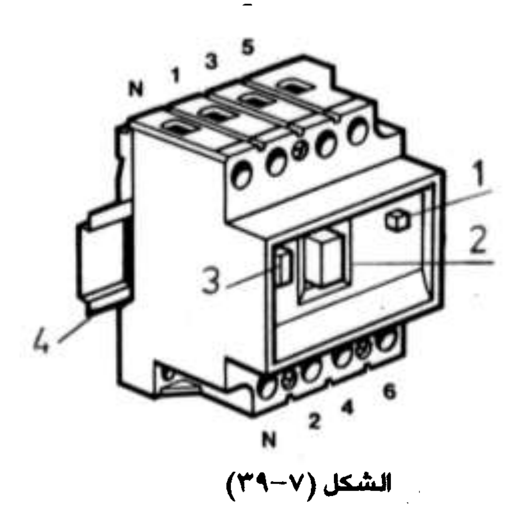
$$I_\Delta = I_{L1} + I_{L2} + I_{L3} = 0$$

وعند حدوث تسرب فإن:

$$I_\Delta = I_{L1} + I_{L2} + I_{L3} > 0$$

وعندما يكون تيار التسرب I_Δ أكبر من تيار التسرب المقنن $I_{\Delta N}$ يعمل القاطع.

ويوجد من هذه القواطع أنواع تثبت بمسامير، وأخرى تثبت على قضبان أوميجا. والشكل (٧-٣٩) يعرض نموذجاً لقاطع تسرب أرضى أربعة أقطاب مثبت على قضيب أوميجا.



الشكل (٧-٣٩)

حيث إن :

ضاغط اختبار القاطع	1
مفتاح التشغيل بالانضغاط	2
ضاغط تحرير القاطع	3
قضيب أوميجا	4

والجدير بالذكر أنه عند الضغط على المفتاح الانضغاطى 2 يتحول القاطع لحالة الفصل، وعند الضغط على ضاغط اختبار القاطع 1 أو ضاغط الاختبار 3يخرج المفتاح 2 للخارج ويتحول القاطع لحالة القطع. علمًا بأنه توجد أنواع مزودة بعلم لونه أخضر عندما يكون القاطع فى حالة وصل ولونه أحمر عندما يكون القاطع فى حالة فصل.

٧ / ٧ / ١ - المصطلحات الفنية المستخدمة مع قواطع التسرب الأرضى

١- التيار المقنن In : هو التيار الذى يصمم القاطع على حملة بدون أى خطورة على ريشه. وفيما يلى التيارات المقننة القياسية لقواطع التسرب تبعًا للمواصفات العالمية IEC.

6 A	10 A	16 A	20 A	25 A	32 A	40A
50 A	63 A	80 A	100 A	125 A	160 A	200A

٢- تيار التسرب المقنن $I_{\Delta N}$: وهو أقل تيار تسرب يحدث فصل للقاطع. وفيما يلى تيارات التسرب المقننة القياسية لقواطع التسرب تبعًا للمواصفات العالمية IEC.

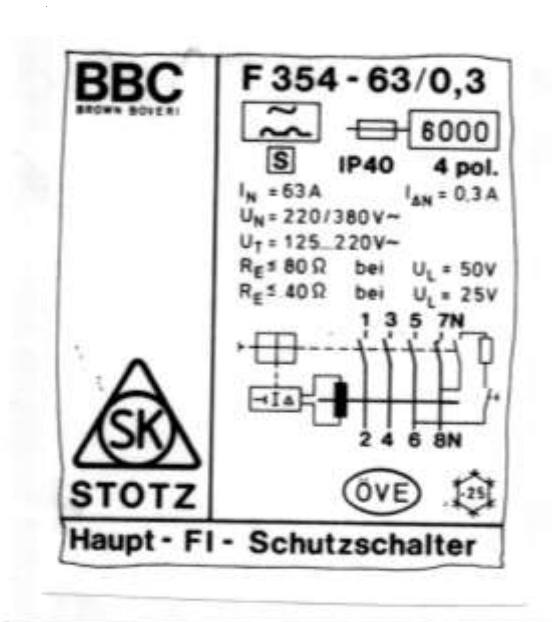
6 mA	10 mA	30 mA	100 mA	300 mA
500 mA	1 A	3 A	5 A	10 A

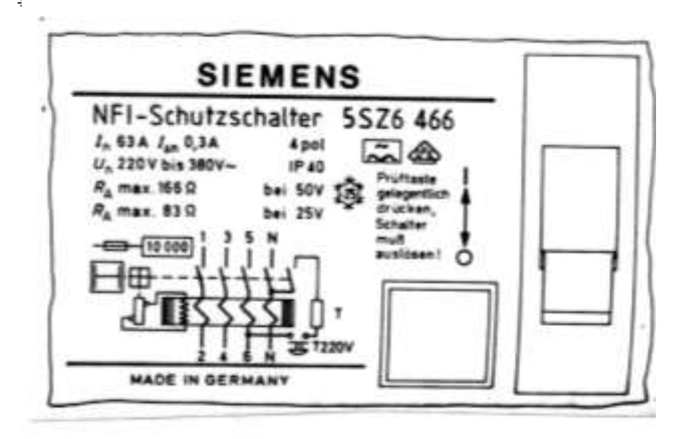
٣- تيار التسرب غير المسبب للتشغيل ويساوى $0.5\ I_{\Delta N}$.

٤- جهد التشغيل U_n. وفيما يلى جهود التشغيل القياسية لقواطع التسرب تبعًا للمواصفات العالمية القياسية.

100 V	110 V	120 V	200 V	220 V	230 V
240 V	380 V	415 V	440 V		

والشكل (٧-٤٠) يعرض المعلومات الفنية المعروضة على قاطعى تسرب من صناعة شركة BBC وشركة Siemens الألمانية.





الشكل (٧-٤٠)

محتويات الشكل (أ) :

رقم الكتالوج   F354 - 63/ 0.3

شركة براون بوفيرى   BBC

درجة الوقاية   IP 40

التيار المقنن $I_N = 63A$

الجهد المقنن $U_N = 220/380V$

تيارالتسرب المقنن $I_{\Delta N} = 0.3\ A$

عدد الأقطاب أربعة 4 Pol.

يستخدم مع دوائر التوحيد والتيار المتردد

جهد التلامس $U_L = 50\ V$ عندما تكون مقاومة التأريض $R_E \leq 80\ \Omega$

جهد التلامس $U_L = 25\ V$ عندما تكون مقاومة التأريض $R_E \leq 40\ \Omega$

تيار القصر الأقصى الذى يتحمله القاطع 6000 A

محتويات الشكل (ب):

رقم خاص بالشركة المصنعة 5 SZ 6466

الشركة المصنعة Siemens

التيار المقنن $I_n = 63\ A$

تيارالتسرب المقنن $I_{\Delta N} = 0.3\ A$

الجهد المقنن 220 V/380 V $U_n = 220\ V/\ 380\ V$

مقاومة الأرضى القصوى $R_AMax = 166\ \Omega$ تقابل جهد تلامس 50 V

مقاومة الأرض القصوى $R_AMax = 87\Omega$ تقابل جهد تلامس 25 V

تيار القصر الذى يتحمله القاطع 6000 A

أربعة أقطاب 4 Pol.

درجة الوقاية IP40

يعمل فى دوائر التوحيد ودوائر التيار المتردد

تخضع للمواصفات القياسية الألمانية VDE

٧ / ٥ / ٢ - أنواع قواطع التسرب الأرضى

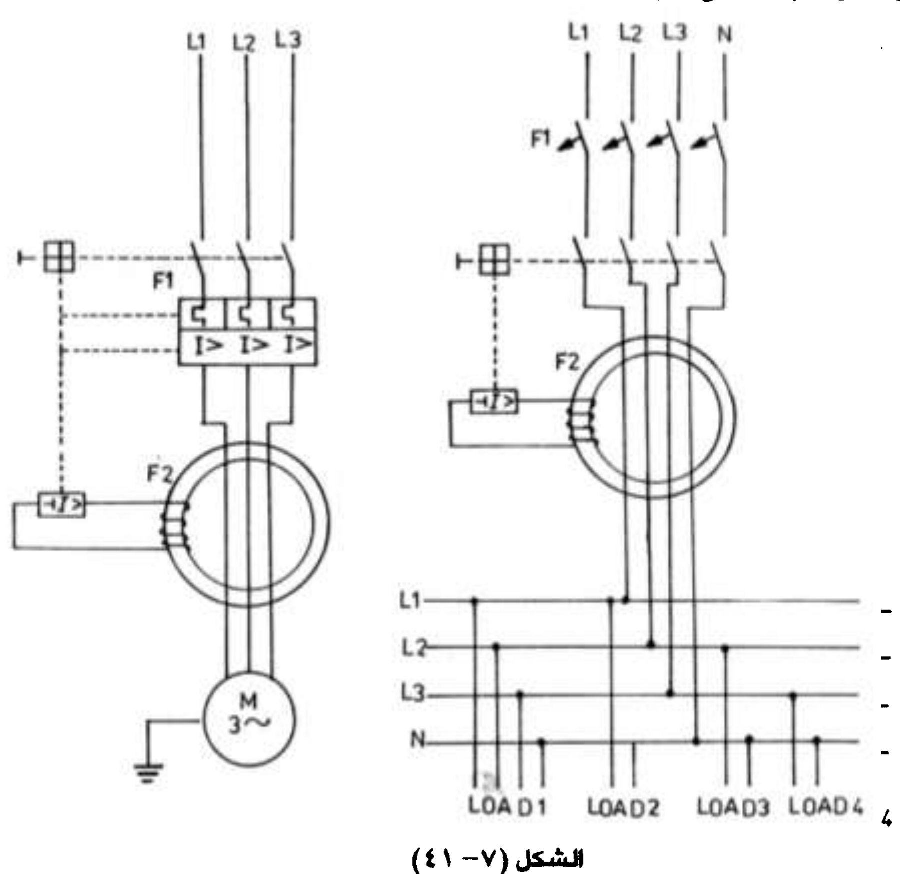
يوجد نوعان من قواطع التسرب الأرضى وهما كما يلى:

١- قواطع تسرب منفردة: وهى تعمل فقط على فصل الدائرة عند حدوث تسرب أرضى بتيار قيمته أكبر من تيار التسرب المقنن لها؛ ولكنها غير قادرة على

حماية الدائرة من زيادة الحمل ولا القصر، كما أنها غير قادرة على حماية نفسها، لذلك فهى تحتاج لقواطع مصغرة أو مقولبة لوقايتها.

٢- قواطع شاملة وهذه القواطع هى قواطع دائرة تعمل على وقاية الدائرة من زيادة الحمل والقصر والتسرب الأرضى.

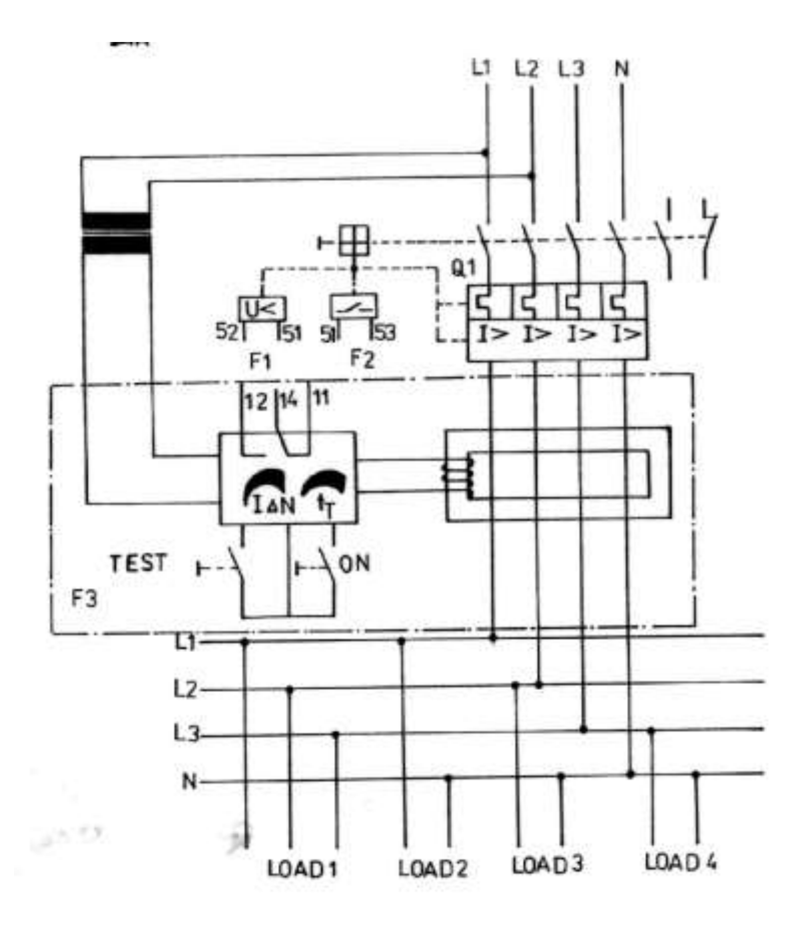
والشكل (٧-٤١) يوضح طريقة استخدام قاطع دائرة وقاطع تسرب أرضى لتغذية أربعة أحمال الشكل (أ) وطريقة استخدام قاطع شامل ثلاثة أقطاب لتوفير الوقاية المطلوبة لمحرك كهربى ثلاثى الوجه من زيادة الحمل والقصر والتسرب (الشكل ب).



الشكل (٧- ٤١)

وتوجد ريلاهات تسرب **Earth leakage relays** تكون على شكل موديول يثبت مع قواطع الدائرة المقولبة، أو المفتوحة ويرافق هذه الريلاهات محول تيار صفرى ZCT.

والشكل (٧-٤٢) يعرض دائرة القدرة والتحكم لتغذية عدة أحمال ثلاثية الأوجه وأحادية الوجه، باستخدام قاطع دائرة أربعة أقطاب للوقاية من القصر وزيادة الحمل، وهذا القاطع مزود بوحدة فصل عند انخفاض الجهد F_1 ووحدة فصل توازى F_2 وريلاى تسرب أرضى F_3. فعند غلق القاطع بالوسيلة اليدوية المعدة لذلك تغلق الريشة المفتوحة للقاطع والموصلة مع وحدة الفصل عند انحفاض الجهد F_1 ؛ وعند حدوث قصر أو زيادة فى الحمل؛ يفصل القاطع ذاتيًا فى الوقت المصمم عليه هذا القاطع، وعند حدوث انخفاض فى الجهد يحدث فصل ذاتى للقاطع بواسطة وحدة الفصل عند انخفاض الجهد F_1 وعند حدوث تسرب أرضى يقوم ريلاى التسرب F_3 بغلق ريشته المفتوحة وتقوم وحدة الفصل بالتوازى F_2 بفصل القاطع Q_1 عند الضغط على ضاغط الطوارئ S_1 . ويلاحظ أن ريلاى التسرب مزود بوسيلة لمعايرة تيار التسرب $I_{\Delta N}$ وزمن الفصل t_T.


L1 L2 L3 N
Q1
I> I> I> I>
U<
52 51 51 53
F1 F2
12 14 11
IΔN tT
TEST
ON
F3
L1
L2
L3
N
LOAD1
LOAD2
LOAD3
LOAD 4
L1
S1
F3
Q1
52
F1 U<
51
51
F2
53
N

الشكل (٧-٤٢)

٧ / ٥ / ٣- اختيار قواطع التسرب الأرضى

هناك عدة عناصر تؤخذ فى الاعتبار لاختيار قاطع التسرب الأرضى وهم كما يلى :

١- الغرض من الحماية :

أ- إذا كان القاطع سيستخدم مع دائرة تحتوى على قاطع دائرة أو مصهرات يستخدم قاطع تسرب أرضى منفرد.

ب- إذا كان القاطع سيستخدم لحماية دائرة كهربية من زيادة الحمل والقصر والتسرب يستخدم قاطع وقاية شامل.

جـ- إذا كان بالدائرة قاطع دائرة مزود بإمكانية لإضافة ريلاى تسرب أرضى للعمل معه فيفضل استخدام ريلاى تسرب أرضى.

٢- اختيار عدد الأقطاب وهو يعتمد على نوع الحمل، ففى حالة الأحمال الأحادية الوجه يستخدم قاطع تسرب قطبين، وفى حالة الأحمال الثلاثية الوجه يستخدم قاطع تسرب ثلاثة أقطاب، وإذا كان الحمل عبارة عن مجموعة من الأحمال الأحادية الوجه والثلاثية الوجه يستخدم قاطع تسرب أربعة أقطاب.

٣- يختار التيار المقنن In لقاطع التسرب الأرضى مساوياً مرة وربع من تيار الحمل.

٤- يجب أن يكون قاطع التسرب الأرضى له سعة انهيار أعلى من أقصى تيار قصر متوقع بحيث يتحمل تيار القصر الأقصى المتوقع لفترة زمنية أكبر من زمن فصل القاطع المسئول.

٥- يجب التحقق من الانتقائية Selectivity عند وجود عدة ELCB'S فى الخطوط الرئيسية والخطوط الفرعية (ارجع للباب الثامن).

والجدول (٧-٩) يبين قيم التيارات المقننة لمصهرات gl المستخدمة لتوفير حماية خلفية لقواطع التسرب الأرضى والمقترح من شركة Siemens الألمانية.

الجدول (٧ - ٩)

التيار المقنن لقاطع التسرب الأرضى In (A)	16	25	40	40	63	125	160
التيار المقنن لمصهرات الدايزيد بخواص (A) gl	50	63	63	63	80	-	-
التيار المقنن لمصهرات النويزيد بخواص (A) gl	63	80	80	80	100	-	-
التيار المقنن للمصهرات الرئيسية بخواص (A) gl	63	80	80	80	100	125	160

٧ / ٦ – محددات موجات الجهد المفاجئة Surge Arrestors

تستخدم هذه المحددات مع الأجهزة الكهربية الحساسة لارتفاع الجهد الناتج عن أسباب خارجية مثل: الصواعق أو أسباب داخلية مثل: الوصل والفصل للأحمال الكهربية مثل أجهزة الكومبيوتر وأجهزة التلفزيون وأجهزة التبريد. وتقوم شركة Legrand الفرنسية بعرض محدد موجات مفاجئة Voltoge Surge Protector له المواصفات الفنية التالية:

يعمل عند تردد مساوى 50:60 HZ ، ويعمل على تصريف موجات الجهد المفاجئة للأرضى بتيار تصريف قيمته 10000 A لموجة زمنها 8:20 µS وبتيار تصريف قيمته 20000 A لموجة زمنها 4:10 µS وتصل زمن استجابتها 25nS، ويكون جهد الأرضى لحظة تصريف تيار 1mA مساوياً 400 V في حين يكون جهد الأرضى أقل من 700 V عند تصريف تيار (40A) ويصل جهد الأرضى إلى أقل من 1200 V عند تصريف تيار 2500 A والشكل (٧-٤٣) يعرض خواص محددات

– تيار التصريف

20000 A
10000 A
5000 A
8/20 µs
4/10 µs
4 µs
8 µs 10 µs
20 µs

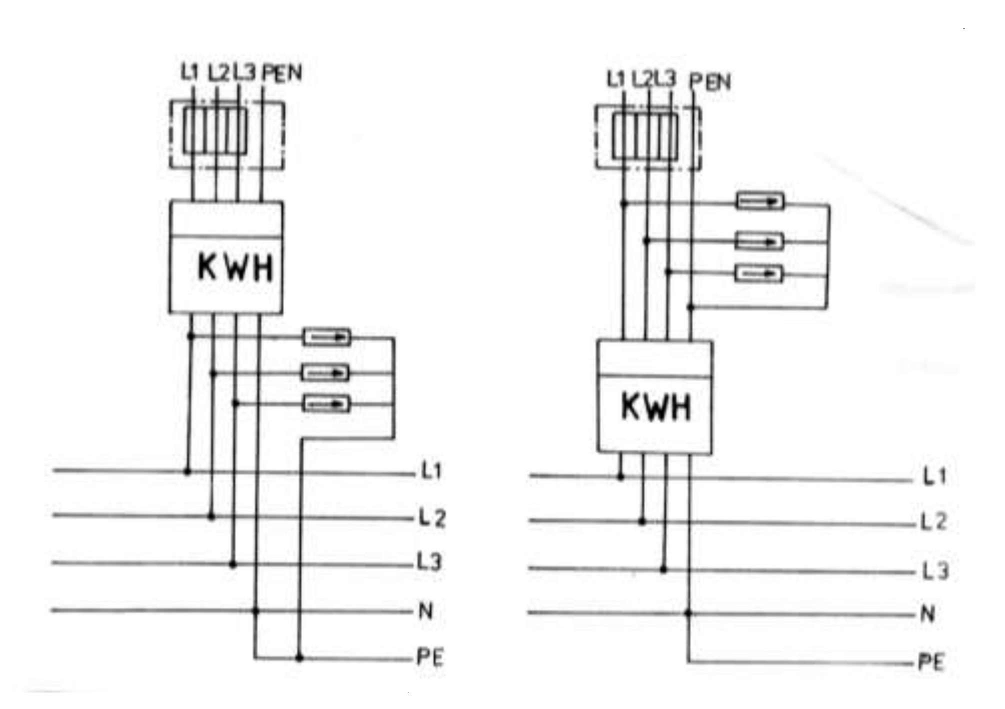
– زمن التصريف

الشكل (٧-٤٣)

موجات الجهد المفاجئة.

والشكل (٧-٤٤) يعرض مخطط توصيل محددات الموجات المفاجئة مع نظام TN (الشكل أ) ومخطط توصيل محددات الموجات المفاجئة مع نظام TT (الشكل ب) حيث يستخدم فى كلتا الحالتين ثلاث محددات موجات مفاجئة.

والجدير بالذكر أن وضع محددات الموجات المفاجئة قبل العداد يلزمه موافقة من شركة الكهرباء.

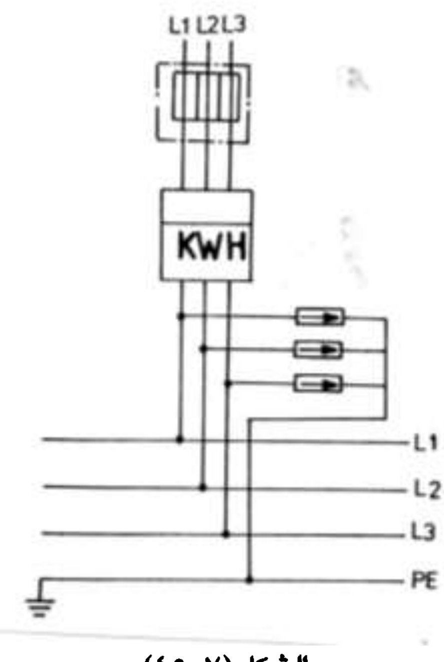


الشكل (٧-٤٤)

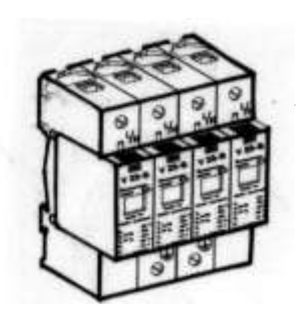
والشكل (٧-٤٥) يعرض مخطط توصيل محدد الموجات المفاجئة مع نظام IT.

والجدير بالذكر أنه فى كثير من الأحيان يستخدم أربعة محددات جهد مع نظام TT. حيث يخصص محدد موجات مفاجئة لخط التعادل N.

وفى حالة استخدام قاطع تسرب أرضى ينصح بوضع محددات الموجات المفاجئة بعد قاطع التسرب الأرضى من جهة الأحمال.



الشكل (٧-٤٥)



الشكل (٧-٤٦)

والشكل (٧ – ٦) يعرض نموذجًا لمحددات موجات مفاجئة أربعة أقطاب من انتاج شركة **Better mann** الألمانية ويجدر القول بأن محددات الموجات المفاجئة تثبت على قضبان أو ميجا بنفس الطريقة المتبعة لتثبيت قواطع الدائرة المصغرة كما هو مبين بالشكل (٧-١٦).

وعادة تختار مساحة مقطع موصلات محددات الموجات المفاجئة تبعًا لمساحة مقطع الأوجه المختلفة والجدول (٧-١٠) يعطى مساحة مقطع موصلات محددات الموجات المفاجئة تبعًا لمساحة مقطع الأوجه المختلفة

الجدول (٧-١٠)

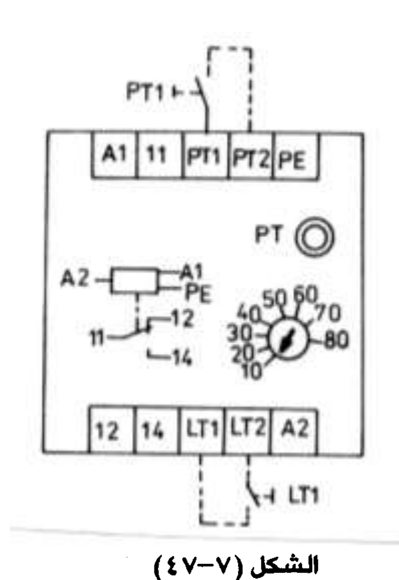
مساحة مقطع موصلات الأوجه mm^2	≤ 35	50	≥ 70
مساحة مقطع موصلات المحددات mm^2	10	16	25

٧ / ٧- أجهزة مراقبة العزل Insulation monitoring devices

تستخدم هذه الأجهزة فى مراقبة حدوث خطأ أرضى فى أنظمة IT ، وهى تعطى إنذاراً صوتيًا وضوئيًا بمجرد انخفاض المقاومة بين أحد الأوجه وأرضى الحمل عن 15kΩ كحد أدنى. ومع بعض الأحمال مثل: الغرف الطبية تضبط أجهزة مراقبة التسرب الأرضى لإعطاء إنذاراً عند انخفاض المقاومة بين أحد الأوجه وأرض الحمل عن 50KΩ .

وهناك نوعان من أجهزة مراقبة التسرب الأرضى: الأولى أحادية الوجه والثانية ثلاثية الوجه. وهذه الأجهزة لا تحتاج عادة لصيانة ويجب تثبيتها فى أماكن جافة حتى لا تتعرض إلى غازات مسببة للتآكل والصدأ. وتحتوى هذه الأجهزة عادة على ثنائى مشع أخضر لبيان حالة التشغيل الطبيعى، وثنائى مشع أصفر لبيان حالة التسرب الأرضى، وتكون مزودة بجرس رنان لإعطاء صوت عند حدوث تسرب أرضى وأيضًا تحتوى على ضاغط إسكات للجهاز Silence عند صدور صوت إنذار صوتى من الجرس الرنان.

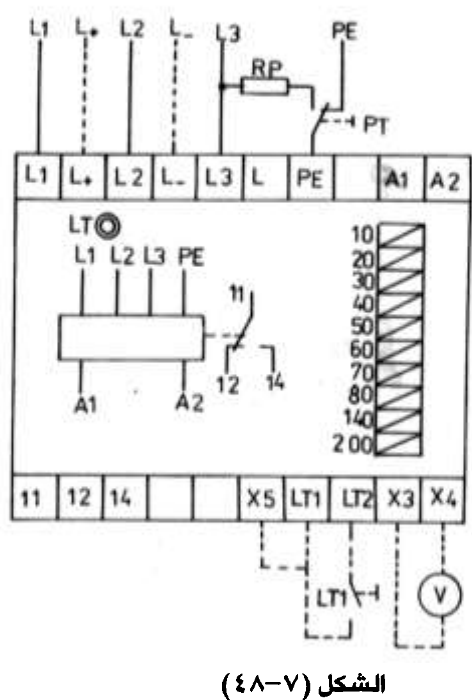
والشكل (٧-٤٧) يعرض مخططًا لوجه جهاز مراقبة عزل وجه واحد من انتاج DOLD الألمانية. وهذا الجهاز مزود بإمكانية لتغيير مقاومة العزل للجهاز من 80 :10 KΩ ، وبمجرد توصيل أطراف الجهاز A1, A2 بأطراف المصدر الأحادى الوجه L,N يتغير وضع ريش الجهاز فتغلق الريشة 14-11 وتفتح الريشة 12-11 . وفى حالة حدوث انهيار للعزل نتيجة لوجود قصر أول مع الأرضى فإن ريش الجهاز ستعود لحالتها الطبيعية ويصدر جرس رنان من الجهاز لبيان حالة انهيار العزل، ويمكن تحرير الجهاز بالضاغط LT المتصل خارجيًا بالأطراف LT1, LT2 . وكذلك يمكن اختبار الجهاز بواسطة الضاغط PT الموجود على وجه الجهاز أو



الشكل (٧-٤٧)

بواسطة الضاغط الخارجى PT الموصل خارجيًا بالأطراف PT_1, PT_2.

والشكل (٧ - ٤٨) يعرض مخطط وجه جهاز مراقبة عزل ثلاثى الأوجه من صناعة شركة DOLD الألمانية.



الشكل (٧-٤٨)

ويستخدم هذا الجهاز فى دوائر التيار المتردد أو المستمر ففى حالة استخدامه فى دوائر التيار المتردد توصل الأطراف L_1, L_2, L_3 مع أوجه المصدر الثلاثة، وتوصل الأطراف A_1, A_2 بجهد 220 V تيارًا مترددًا ومقاومة عزل هذا الجهاز 50 kΩ وهى ثابتة من قبل المصنع. ويوجد سلسلة من الثنائيات المشعة على وجه الجهاز تعطى القيمة الفعلية لمقاومة عزل الدائرة، ويزود هذا الجهاز بضاغط تحرير للجهاز LT داخلى، ويمكن توصيل ضاغط LT خارجى لأغراض التحكم من بعد.

وأيضًا يوصل ضاغط اختبار خارجى PT كما هو مبين بالشكل نفسه.

الباب الثامن

الأخطاء وطرق التنسيق على تمييزها

الأخطاء وطرق التنسيق على تمييزها

٨ / ١- مقدمة

يستخدم لفظ خطأ fault عند حدوث قصر بين وجه وآخر، أو وجه والتعادل، أو وجه والأرضى. وفى الحقيقة فإن التأريض لا يمنع الخطأ من حدوثه؛ ولكن يقلل من زمن بقائه، وبالتالى يقلل من زمن تشكل الخطورة.

والجدير بالذكر أن الأخطاء يمكن تقسيمها إلى:

١ - قصر مباشر Direct Short يمكن أن يحدث بين وجه وآخر أو وجه وخط التعادل ويؤدى هذا القصر لإمرار تيار كبير.

٢ - خطأ أرضى Ground Fault ويحدث عند ملامسة أحد الأوجه بالأرض مثل: ملامسة أحد الأوجه لهيكل معدنى مؤرض، ويؤدى خطأ الأرضى لإمرار تيار خطأ يساوى 75% من التيار الناتج عن القصر المباشر. وعند حدوث قصر الأرضى فإن موصلات الوقاية تعمل فى تشكيل مسار سهل للتيار، فيزداد بذلك تيار الخطأ، الأمر الذى يؤدى لتشغل أجهزة الوقاية من زيادة التيار. والشكل (٨-١) يبين خطأ أرضيًا.

الشكل ٨-١

ويمكن تلخيص الأضرار المترتبة عن الأخطاء بصفة عامة إلى:

١ - إحداث أضرار كهرومغناطيسية وميكانيكية وحرارية.

فعند مرور التيار الكهربى لحظة

القصر فى الأوجه المختلفة يتولد مجال كهرومغناطيسى قوى، وتتشكل أقطاب شمالية، وأخرى جنوبية بين الأوجة المختلفة، ويحدث بين هذه الأقطاب قوى ميكانيكية إما تنافراً أو تجاذباً، تماماً كما يحدث مع الأقطاب المغناطيسية؛ الأمر الذى يؤدى لتشوه هذه الموصلات :

٢ - تولد حرارة عالية تؤدى إلى انصهار الموصلات والحرائق.

٨ / ٢- الوقاية من زيادة التيار

إن مصطلح زيادة التيار **Over Current** يحمل فى طياته معنيين وهما :

- زيادة التيار الناتج عن زيادة الحمل **Over Load**
- زيادة التيار الناتج عن القصر **Short**

أما زيادة التيار الناتج عن زيادة الحمل يحدث عند التحميل الزائد للمحركات الكهربية، فينتج عن ذلك زيادة التيار مرات قليلة عن تيار الحمل الكامل والخطورة من زيادة التيار الناتج عن زيادة الحمل هو انهيار عزل الكابلات؛ نتيجة لارتفاع درجة حرارة الكابلات أو يؤدى إلى تقصير عمر الكابلات.

أما زيادة التيار الناتج عن القصر فينتج من حدوث أحد الأخطاء السالفة الذكر وينتج عن ذلك ارتفاع شدة التيار لعدة مرات تصل أحياناً إلى مئات المرات أو آلاف المرات، وأثناء القصر فإن أجهزة الوقاية يجب أن تفصل بسرعة فائقة قبل أن تؤدى هذه الزيادة المفرطة من شدة التيار إلى ارتفاع درجة حرارة الكابلات، أو إحداث إجهادات ميكانيكية ناتجة عن المجال المغناطيسى الناتج من مرور تيار كبير فى الموصلات المتجاورة.

والجدير بالذكر أن الأحمال التالية يجب استبعادها من جملة الأحمال التى تتعرض لزيادة الحمل مثل :

١ - السخانات الكهربية (سخانات الماء - المواقد الكهربية .. إلخ).

٢ - المحركات الكهربية التى تيار بدءها أقل من التيار المقنن لموصلاتها.

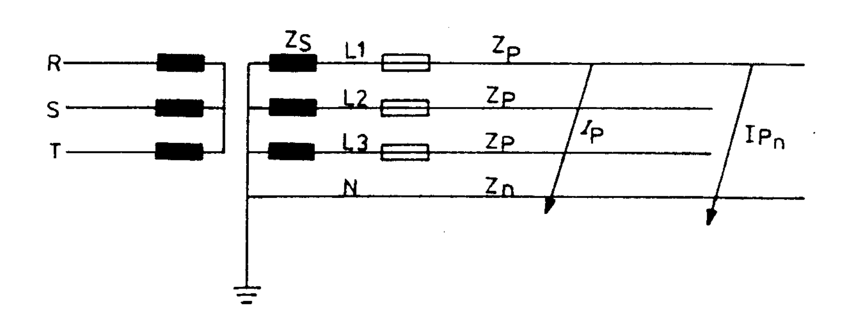
٣ - الأحمال التى يخشى فتح دائرتها مثل :

أ - الملف الثانوى لمحول التيار.

ب – ملف المجال للآلات الدوارة مثل: الآلات التزامنية وآلات التيار المستمر.

٨ / ٣- تيار القصر الأقصى والأدنى

يختلف تيار القصر الأقصى والأدنى تبعاً لعدد أسلاك الكابل، فبالنسبة للنظام ذى الأربعة موصلات والذى يغذى أحمالاً ثلاثية الأوجة وأخرى أحادية الوجه . كما بالشكل (٨-٢) .



الشكل (٨-٢)

فإن تيار القصر الأقصى هو الناتج عن القصر الثلاثى ونحصل عليه من المعادلة 8.1 .

$$I_P = \frac{U}{Z_S + Z_P} \quad \rightarrow \quad 8.1$$

حيث إن :

تيار القصر الأقصى والمار فى أحد الأوجه	I_P
معاوقة المصدر الكهربى	Z_S
معاوقه موصلات أحد الأوجه	Z_P
جهد الوجه للمصدر الكهربى	U

فى حين أن التيار الأدنى هو الناتج عن قصر بين وجه والتعادل ونحصل عليه من المعادلة 8.2 .

$$I_{pn} = \frac{U}{Z_S + Z_p + Z_n} \rightarrow 8.1$$

حيث إن :

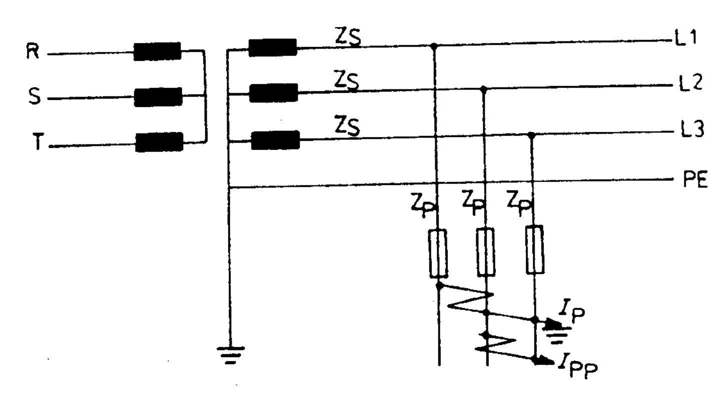
I_{pn} تيار القصر عند حدوث قصر بين وجه والتعادل

Z_n معاوقه خط التعادل

أما فى حالة حدوث قصر ثلاثى عند أحد الاحمال الثلاثية الأوجة فإن تيار القصر نحصل عليه من المعادلة 8.1 . وفى حالة حدوث قصر بين وجهين فإن تيار القصر فى هذه الحالة نحصل عليه من المعادلة 8.3 .

$$I_{PP} = \frac{U}{2(Z_S + Z_p)} \rightarrow 8.3$$

علماً بأن تيار القصر فى هذه الحالة يمثل تيار القصر الأدنى . والشكل (٨-٣) يعرض أنواع القصر التى تحدث فى الأحمال الثلاثية الوجه .



الشكل (٨-٣)

وتعتمد درجة حرارة الموصلات أثناء القصر على درجة الحرارة المبدئية للموصلات قبل القصر، وأيضاً على زمن فصل الدائرة . ولكن نظراً لأن درجة الحرارة المبدئية قبل القصر عادة تكون مجهولة؛ لذلك يمكن اعتبار أن درجة حرارة موصلات PVC قبل القصر $70C^0$ ، ودرجة موصلات XLPE قبل القصر $90C^0$ ، وحيث إن درجة الحرارة القصوى التى تتحملها موصلات PVC عند القصر $160C^0$ ، لذا فإن درجة الحرارة المتوسطة لموصلات PVC هى $115C^0$. أما بخصوص درجة الحرارة القصوى التى تتحملها موصلات XLPE هى $250C^0$ لذلك فإن درجة الحرارة المتوسطة لموصلات XLPE هى $170C^0$. وعادة يحسب تيار القصر الأقصى عند درجة حرارة $20C^0$ ، فى

حين يحسب تيار القصر الأدنى عند درجة حرارة $115C^{0}$ لموصلات PVC ودرجة حرارة $170C^{0}$ لموصلات XLPE .

وعادة يختار القاطع له سعة قطع قصوى أكبر من تيار القصر الأقصى وله زمن فصل عند تيار القصر الأدنى أقل من أقصى زمن تتحمله الموصلات عند القصر. والجدير بالذكر أن تيار القصر الأدنى قد يؤدى لتلف عزل الموصلات إذا لم يتحقق الشرط السابق.

٨ / ٤ - الجداول المستخدمة فى حسابات القصر

الجدول (٨-١) يعطى قيمة معاوقة مصدر القدرة Z_S عند سعات مختلفة للمحولات وعند جهد تشغيل 200V, 380V .

الجدول (٨-١)

سعه المحول KVA	200V	380V
50	11.59 + j 14.53	41.84 + j 52.46
75	7.31 + j 11.75	26.39 + j42.44
100	5.38 + j 9.21	19.43 + j33.24
150	3.33+ j 6.62	12.04 + j23.91
200	2.46 + j5.05	8.89 + j18.24
300	1.56 + j3.90	5.62 + j14.11
500	0.82 + j2.67	2.98 + j9.66
750	0.53 + j2.10	7.05 + j22.45
1000	0.38 + j1.74	1.382 + j6.31
1500	0.24 + j1.31	0.87 + j4.73
2000	0.18 + j1.00	0.68 + j3.61

والجدول(٨-٢) يعطى قيم مقاومات R ، وممانعات X ، ومعاوقات Z، موصلات النحاس بعزل PVC لكل 1000mطول عند درجة حرارة $20C^{o}$ و $115C^{o}$.

الجدول (٨-٢)

مساحة المقطع Sq.mm.	والمقاومة R والممانعة X والمعاوقه Z لكل 1000m					
	Temperature 20°C			Temperature 115°C		
	R	X	Z	R	X	Z
1.0	18.10	-	18.10	24.978	-	24.978
1.5	12.10	-	12.10	16.698	-	16.698
2.5	7.410	-	7.410	10.226	-	10.226
4.0	4.610	-	4.610	6.362	-	6.362
6.0	3.080	-	3.080	4.250	-	4.250
10	1.830	-	1.830	2.525	-	2.525
16	1.150	-	1.150	1.587	-	1.587
25	0.727	-	0.727	1.003	-	1.003
35	0.524	-	0.524	0.723	-	0.723
50	0.387	0.081	0.395	0.534	0.081	0.540
70	0.268	0.079	0.279	0.370	0.079	0.378
95	0.193	0.077	0.208	0.266	0.077	0.277
120	0.153	0.076	0.171	0.211	0.076	0.224
150	0.124	0.076	0.145	0.171	0.076	0.187
185	0.099	0.076	0.125	0.137	0.076	0.157
240	0.075	0.075	0.106	0.104	0.075	0.128
300	0.060	0.075	0.096	0.083	0.075	0.112

والجدول (٨-٣) يعطي قيم مقاومات R ، وممانعات X، ومعاوقات Z ، موصلات الالومنيوم بعزل PVC عند درجة حرارة 20C° و 115C° لكل **1000m** طول.

الجدول (٨-٣)

مساحة المقطع Sq.mm.	والمقاومة R والممانعة X والمعاوقه Z لكل 1000m					
	Temperature 20°C			Temperature 115°C		
	R	X	Z	R	X	Z
16	1.910	-	1.910	2.636	-	2.636
25	1.200	-	1.200	1.656	-	1.656
35	0.868	-	0.868	1.198	-	1.198
50	0.641	0.082	0.646	0.885	0.082	0.889
70	0.443	0.079	0.450	0.611	0.079	0.616
95	0.320	0.078	0.329	0.442	0.078	0.449
120	0.253	0.077	0.264	0.349	0.077	0.357
150	0.206	0.077	0.220	0.284	0.077	0.294
185	0.164	0.077	0.181	0.226	0.077	0.239
240	0.125	0.076	0.146	0.173	0.076	0.189
300	0.100	0.076	0.126	0.138	0.076	0.158

والجدول (٨-٤) يعطي قيم مقاومات R ، وممانعات X، ومعاوقات Z ، موصلات النحاس والألومنيوم بعزل XLPE عند درجة حرارة 20C° و 170C° .

الجدول (٨-٤)

مساحة المقطع Sq.mm.	المقاومة R والممانعة X والمعاوقة Z لكل 1000m					
	Temperature 20°C			Temperature170°C		
	R	X	Z	R	X	Z
	موصلات نحاس					
50	0.387	0.076	0.394	0.619	0.076	0.624
70	0.268	0.075	0.278	0.429	0.075	0.435
95	0.193	0.073	0.206	0.309	0.073	0.317
120	0.153	0.072	0.169	0.245	0.072	0.255
150	0.124	0.073	0.144	0.198	0.073	0.211
185	0.099	0.073	0.123	0.158	0.073	0.174
240	0.075	0.072	0.104	0.120	0.072	0.140
300	0.060	0.072	0.094	0.096	0.072	0.120
	موصلات ألومنيوم					
50	0.641	0.077	0.646	1.026	0.077	1.028
70	0.443	0.075	0.449	0.709	0.075	0.713
95	0.320	0.073	0.328	0.512	0.073	0.517
120	0.253	0.073	0.263	0.405	0.073	0.411
150	0.206	0.074	0.219	0.330	0.074	0.338
180	0.164	0.074	0.180	0.262	0.074	0.273
240	0.125	0.073	0.145	0.200	0.073	0.213
300	0.100	0.072	0.123	0.160	0.072	0.175

مثال :

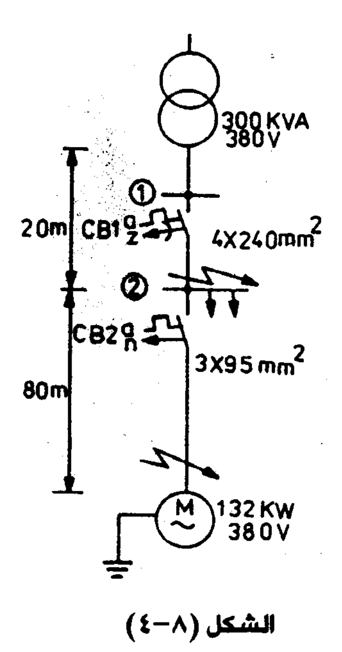
المطلوب تعيين سعة القطع لكلٍ من القاطع CB_2, CB_1 للنظام المبين بالشكل (٨-٤) . علماً بأن الموصلات المستخدمة من النحاس .

الإجابة :

من الجدول (٨-١) . فإن معاوقة المصدر الذى سعته 300KVA ، وجهد تشغيله 380V بالملى أوم هو :

$$Zs = 5.65 + J14.11 \ (m.\Omega)$$

$$Zs = 0.00565 + J\ 0.0141 \ (\Omega)$$



الشكل (٨-٤)

ومن الجدول (٨–٢) فإن معاوقه الموصلات التى مساحة مقطعها $240mm^2$ بعزل PVC عند درجة 20C° وطولها 20m هو :

$$Z_{P1} = \frac{20}{1000}(0.075 + j0.075)\ (\Omega)$$

$$Z_{P1} = 0.0015 + j0.0015\ \ (\Omega)$$

وبالتالى فإن :

$$Z_S + Z_{P1} = (0.00565 + 0.0015) + j\,(0.0141 + 0.0015)$$

$$Z_S + Z_{P1} = 0.00715 + j0.0155\ (\Omega)$$

وبالتالى فإن سعة القطع لقاطع الحماية C_{B1} يجب أن تكون أكبر من

$$I_P = \frac{U}{Z_S + Z_{P1}}$$

$$= \frac{220}{\sqrt{(0.00715)^2 + (0.0155)^2}} = \underline{12903\ A}$$

ومن الجدول (٨–٢) فإن معاوقه الموصلات التى مساحة مقطعها $95mm^2$ بعزل PVC عند درجة 20°C وطولها 80m هو :

$$Z_{P2} = \frac{80}{1000}\ (0.320 + j\ 0.073)$$

$$Z_{P2} = 0.0256 + j0.00584 \qquad \Omega$$

وبالتالى فإن :

$$Z_S + Z_{P1} + Z_{P2} = (0.00565 + 0.0015 + 0.0256) +$$

$$j(0.0141 + 0.0015 + 0.00584)$$

$$Z_S+Z_{P1}+Z_{P2}= 0.0327 + J0.0214\ (\Omega)$$

وبالتالى فإن:

سعة القطع لقاطع الحماية C_{B2} يجب أن تكون أكبر من

$$I_P = \frac{U}{Z_S + Z_{P1}+ Z_{P2}}$$

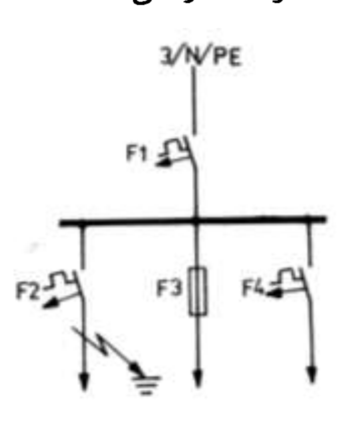
$$= \frac{220}{\sqrt{(0.0327)^2 + (0.0214)^2}} = 5627A$$

٨ / ٥- التنسيق على تمييز الأخطاء

Discrimination of over current Protection

كل منشأة يجب تجزئتها إلى مجموعة من الدوائر من أجل تجنب المخاطر عند حدوث الأخطاء، فبالنسبة للدوائر المرتبطة معاً فيجب التأكد من التنسيق بين أجهزة الحماية لهذه الدوائر للوصول إلى تمييز الأخطاء عند حدوثها.

ولتوضيح الهدف من التنسيق على تمييز الأخطاء سنأخذ المثال الموضح بالشكل (٨-٥). حيث يتم وقاية الخط الرئيسى بواسطة F_1، ويتم وقاية المغذى 1 بالقاطع F_2، والمغذى 2 بالمصهر F_3، والمغذى 3 بالقاطع F_4، وعند حدوث قصر على المغذى 1 مثلاً يجب أن يفصل هذا المغذى بواسطة F_2 من أجل استمرارية الخدمة لباقى المغذيات، ويعمل القاطع F_1 على توفير الوقاية الخلفية بحيث إنه إذا لم يفصل F_2 فى هذه الحالة لوجود مشكلة فنية ما يفصل القاطع F_1 وهذا بالفعل لا يحدث إلا نادراً وبذلك نكون قد حققنا مبدأ التنسيق على تمييز الأخطاء. وعادة تقوم الشركات المصنعة لأجهزة الوقاية بتوفير مجموعة من الجداول لإمكانية اختيار القواطع والمصهرات التى يوجد بينها تمييز زمنى



الشكل (٨-٥)

ضد تيار القصر. وفيما يلى أهم جداول التمييز التى توفرها الشركات المصنعة.

١ – تمييز بين المصهرات كوقاية رئيسية **Up Stream** وقواطع الدائرة المصغرة كوقاية فرعية **Down Stream**.

٢ – تمييز بين المصهرات كوقاية رئيسية وفرعية.

٣ – تمييز بين القواطع كوقاية رئيسية وفرعية.

٤ – تمييز بين القواطع كوقاية رئيسية والمصهرات كوقاية فرعية.

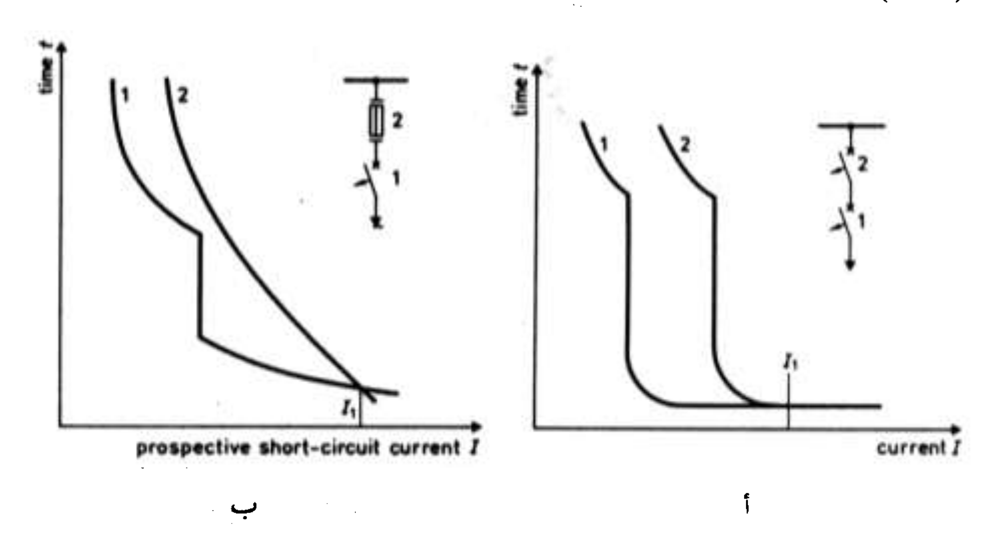
والجدول (٨–٥) هو جدول التمييز بين مصهرين خرطوشيين من إنتاج شركة **Leqrand** الفرنسية، بحيث إن المصهر الرئيسى له خواص **gL** والمصهرات الفرعية لها خواص **gL** أو **aM**.

الجدول (٨–٥)

المصهر الرئيسي gL	المصهرات الفرعية aM 500V	المصهرات الفرعية aM 220V	المصهرات الفرعية gl 500V	المصهرات الفرعية gl 220V
4	1	1	1	1
6	2	2	2	2
8	2	2	2	2
10	2	2	4	4
12	2	4	6	6
16	4	6	10	10
20	6	8	12	12
25	8	10	16	16
32	10	12	20	20
36	12	12	20	25
40	12	16	20	25
50	16	20	25	32
63	20	25	32	40
80	25	32	40	50
100	36	40	50	63
125	40	50	63	80
160	63	80	80	100
200	80	100	125	125
250	125	125	160	160
315	125	160	160	200
400	160	200	250	315
500	200	250	315	400
630	250	315	400	400
800	315	400	400	400
1000	400	500	400	500
1250	500	630	500	630

٨ / ٥ / ١- التنسيق على تمييز زيادة الأحمال

لا يوجد مشكلة فى التنسيق على تمييز زيادة الأحمال للدوائر المختلفة. فاختلاف التيار المقنن لأجهزة الحماية يجعل عملية التنسيق متحققة، وهذا يتضح من الشكل (٨-٦).

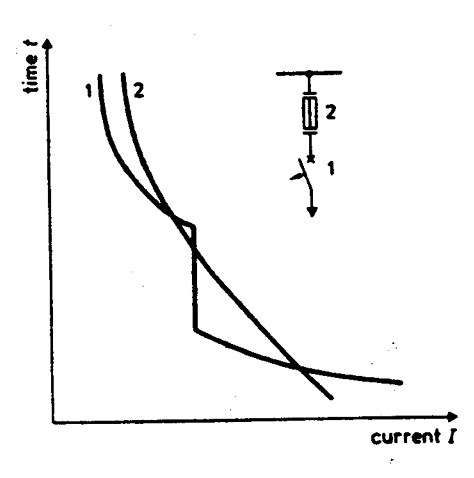


ب　　　　　أ

الشكل (٨-٦)

ويلاحظ أن التيار I_1 هو أقصى حد تيارى للتمييز بعده لا يتحقق التمييز.

والشكل (٨-٧) يوضح عدم تحقق التمييز عند زيادة الأحمال عند توصيل قاطع ومصهر على التوالى، حيث يلاحظ وجود تداخل بين خواص القاطع 1 والمصهر 2 ، الأمر الذى يؤدى إلى فصل القاطع قبل المصهر فى بعض الحالات.



الشكل (٨-٧)

٨ / ٥ / ٢- التنسيق على تمييز القصر

إن التنسيق على تمييز القصر يحتاج إلى مزيد من العناية لأن تيار القصر قد يكون عدة مئات من الأمبير أو عدة آلاف من الأمبير وتوجد عدة طرق متبعة لتمييز تيار القصر وهم كما يلى :

١- التمييز التيارى Current Discrimination .

٢- التمييز الزمنى Time Discrimination .

٣- الربط بين القواطع Zone Selective Inter Lock .

أولاً : التمييز التيارى

الشكل (٨-٨) يبين دائرة شعاعية تحتوى على قاطعين، القاطع CB_1 لحماية المغذى الرئيسى والذى تياره الطبيعى 600A وتيار قصره 10KA، والقاطع CB_2 لحماية مغذى فرعى تياره الطبيعى 60A وتياره عند القصر 6KA ولذلك يمكن إستخدام قاطعين كليهما له خواص an ، ويختار القاطع CB_1 له تيار مقنن 630A ويضبط هذا القاطع بالطريقة التالية :

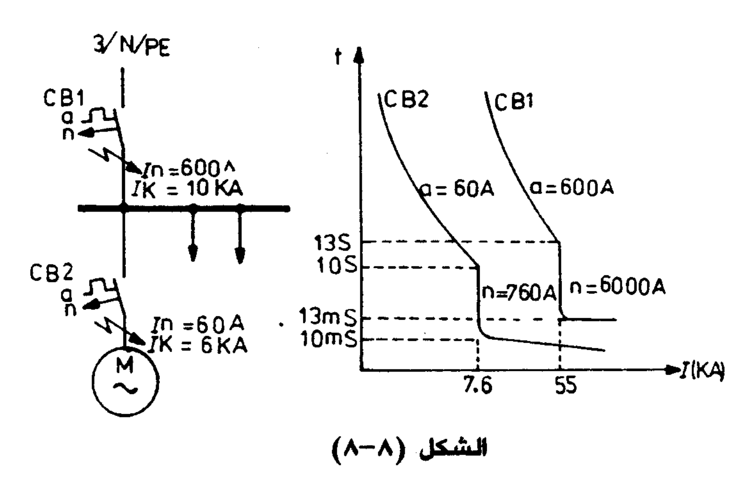
$Ir = 600\ A$ $\qquad\qquad$ $Im = 6000\ A$

وتكون أقصى سعة قطع للقاطع CB_1 أكبر من 10KA . فى حين أن القاطع CB_2

يختار له تيار مقنن 63A ويضبط هذا القاطع بالطريقة التالية .

$Ir = 60A$ $Im = 760A$

وتكون أقصى سعة للقاطع CB_1 أكبر من 6KA .



الشكل (٨-٨)

ثانياً : التمييز الزمني

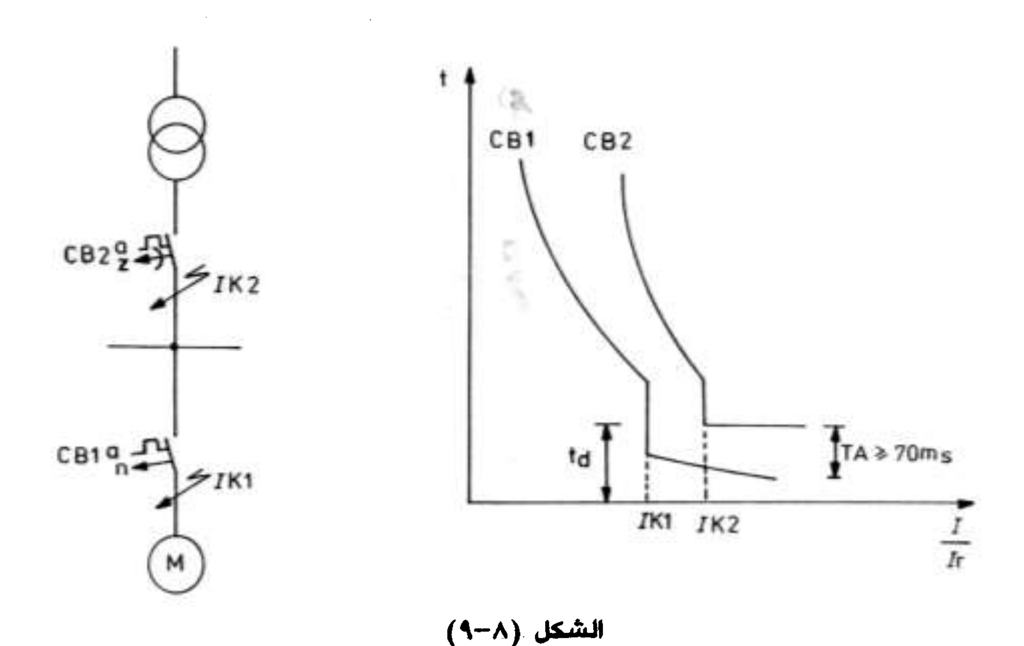
الشكل (٨-٩) يعرض دائرة تحتوى على قاطعين بينهما تمييز زمنى .

حيث إن :

تأخير زمني عكسى عند زيادة الحمل	a
تأخير زمني عند القصر	Z
فصل لحظى عند القصر	n

ويمكن عمل تمييز زمنى بين القاطعين CB_1,CB_2 باختيار القاطع CB_1 يفصل لحظياً وله خواص زمنية عكسية a وخواص فصل لحظية عند القصر n .

أما القاطع CB_2 يكون له خواص زمنية عكسية a وخواص فصل بتأخير عند القصر Z . ويضبط القاطع CB_2 على زمن تأخير td مساوياً 150mS ، فيكون هامش الزمن $T_A \geq 70mS$. وبهذه الطريقة يمكن الحصول على التمييز الزمنى المطلوب .

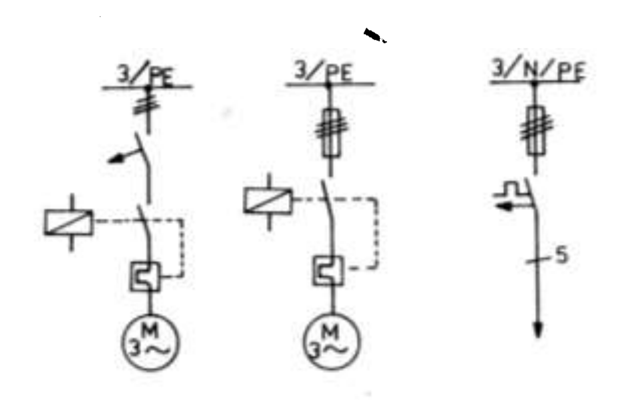


الشكل (٨-٩)

٨ / ٥ / ٣- الجمع بين أجهزة الوقاية المختلفة

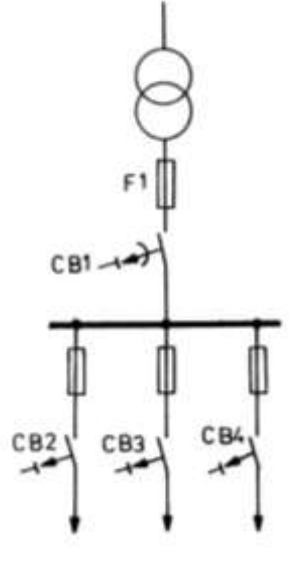
الشكل (٨-١٠) يبين حالات الجمع بين أجهزة الوقاية المختلفة حيث :

- يتم الجمع بين المصهرات والقواطع إذا كان تيار القصر المتوقع أكبر من تيار القصر المقنن والدائم الذى يقدر القاطع قطعه فى هذه الحالة يفضل استخدام مصهر له سعة قطع عالية لحماية القاطع (الشكل أ) .
- يتم الجمع بين المصهرات والكونتاكتورات والمتممات الحرارية حيث يقوم المصهر بتوفير الحماية من القصر لحماية كلٍ من الكونتاكتور والمتمم الحرارى والكابل. ويقوم الكونتاكتور بالتحكم فى وصل وفصل التيار الكهربى للأحمال، ويقوم المتمم الحرارى بحماية المحرك من زيادة الحمل، (الشكل ب) .
- يتم الجمع بين قاطع له خواص فصل لحظية عند القصر n مع كونتاكتور مع متمم حرارى، حيث يوفر القاطع الحماية للكونتاكتور والمتمم الحرارى والكابل من القصر، ويقوم الكونتاكتور بالتحكم فى الوصل والفصل ويقوم المتمم الحرارى بتوفير الحماية المحرك من زيادة الحمل (الشكل جـ) .



الشكل ٨-١٠

٨ / ٥ / ٤- التنسيق على تمييز التسرب الأرضى



الشكل (٨-١١)

يمكن التنسيق بين قواطع التسرب الأرضى المستخدمة فى وقاية الدوائر الكهربية وذلك بالتحكم فى زمن الفصل لها. وعادة تزود قواطع التسرب الأرضى ذات تيارات التشغيل الأكبر من 63A بوسيلة لضبط زمن التأخير. والشكل (٨-١١) يعرض أحد أنظمة التوزيع حيث تستخدم قاطع تسرب أرضى CB1 له خواص فصل بتأخير ويمكن معايرة زمن فصله، ويستخدم لتوفير وقاية رئيسية لنظام التوزيع المبين من التسرب الأرضى. ويستخدم ثلاثة قواطع تسرب أرضى CB2, CB3, CB4 لتوفير الوقاية المطلوبة للمغذيات الفرعية. والجدول (٨-٦) يبين تيارات التسرب المقننة لكلٍّ من قواطع التسرب الرئيسية والفرعية وكذلك التيارات المقننة لكلٍّ من قواطع التسرب الرئيسية والفرعية تبعاً لتوصيات شركة Siemens الألمانية.

الجدول (٨-٦)

قاطع التسرب الفرعي التيار المقنن		قاطع تسرب رئيسي	
تيار التسرب $I_{\Delta N}$ (A)	I_n (A)	تيار التسرب $I_{\Delta N}$ (A)	التيار المقنن I_n (A)
0.03	25, 40, 63, 125	0.3	125,160
0.03	25, 40, 63, 125	0.5	125,160
0.3	25, 40, 63, 125		
0.03	25, 40, 63, 125	1	125,160
0.3	25, 40, 63, 125, 160		224
0.5	25, 40, 63, 125, 160		

الباب التاسع

فحص التركيبات الكهربية

فحص التركيبات الكهربية

٩ / ١ - مقدمة

بعد الانتهاء من التركيبات الكهربية هناك بعض الفحوصات المتبعة، فمنها ما يجرى بمجرد النظر، ومنها ما يجرى ببعض الاختبارات، ومنها ما يجرى بأخذ قياسات معينة. وعند أخذ القياسات يجب استخدام أجهزة القياس الصحيحة وكذلك إجراء التجارب بالطريقة الصحيحة لتجنب الحوادث، ويتم ذلك بأخذ النقاط التالية فى الاعتبار:

١- عندما يكون التيار المقاس 10 mA يجب ألا يتعدى جهد التلامس 25:50 Vac أو 60:120 Vdc.

٢- يجب أن يفصل جهاز القياس أتوماتيكيًا فى زمن مقداره 0.2S إذا تعدى جهد التلامس الحدود المسموح بها.

٣- عند إجراء قياسات عند جهد التشغيل وتيار تشغيل يصل إلى 10A فإن زمن إجراء القياسات يجب ألا يتعدى (10:50mS) بحيث لا يمثل خطورة على الأشخاص.

٤- عند إجراء بعض القياسات الضرورية للحصول على تيارات القصر عند جهود التشغيل المعتادة يجب التأكد من خلو منطقة القياسات من الأشخاص الغير متخصصين.

وإذا لم تتحقق النقاط (١، ٢، ٣) يجب إجراء القياسات مع استخدام حواجز، وهذه القياسات يجب إجرائها على جميع أجزاء المنشأة المراد فحصها.

٩ / ٢ - قياس مقاومة الأرضى

من المعلوم أن مقاومة الأرضى تساوى مجموع مقاومة قطب الأرضى ومقاومة خط الأرضى ومقاومة موصل الوقاية.

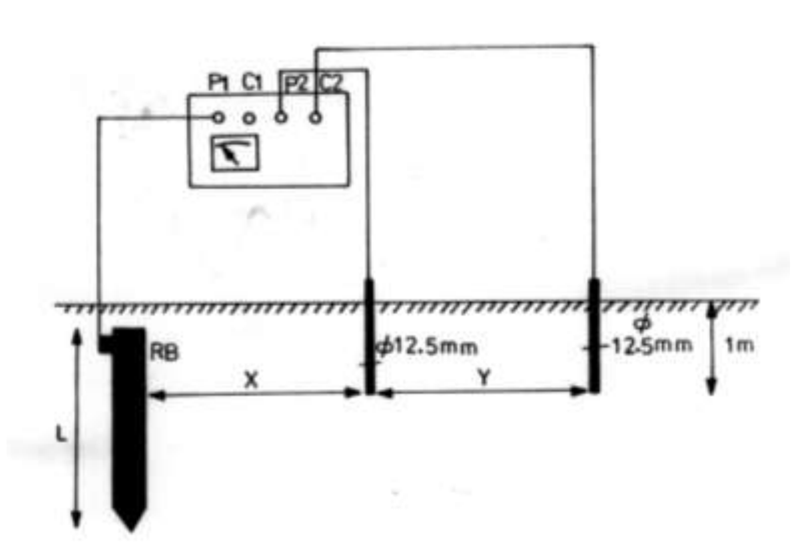
والجدير بالذكر أن قيمة مقاومة الأرضى تتغير من وقت لآخر، حيث إنها تعتمد

على رطوبة التربة فتقل المقاومة كلما زادت رطوبة التربة. وتعتمد طريقة قياس مقاومة الأرضى على نوع نظا م التركيبات الكهربية المستخدم، وعمومًا فإن مقاومة الأرضى المسموح بها هى 5Ω للمنشآت السكنية وأقل من 2Ω للمنشآت الصناعية.

٩ / ٢ / ١ – قياس مقاومة الأرضى لنظامى TN , IT

هناك طريقتان متبعتان لقياس مقاومة الأرضى لنظامى TN,IT

الطريقة الأولى: ويستخدم فيها جهاز قياس العزل IR والذى له أربعة طراف P_1, P_2, C_1, C_2 حيث أن P_1, P_2 هم أطراف الجهد، C_1, C_2 هم أطراف التيار. ويتم توصيل P_1, C_1 مع قطب الأرضى، فى حين يوصل P_2 مع مجس، ويوصل C_2 مع قطب مساعد. علمًا بأن طول كل من المجس والقطب المساعد 1m وقطرهما 12.5 mm وهذه الطريقة مبينة بالشكل (٩–١).



الشكل (٩–١)

والجدول (٩-١) يبين قيم الأبعاد X,Y تبعًا لطول عمود الأرضى L:

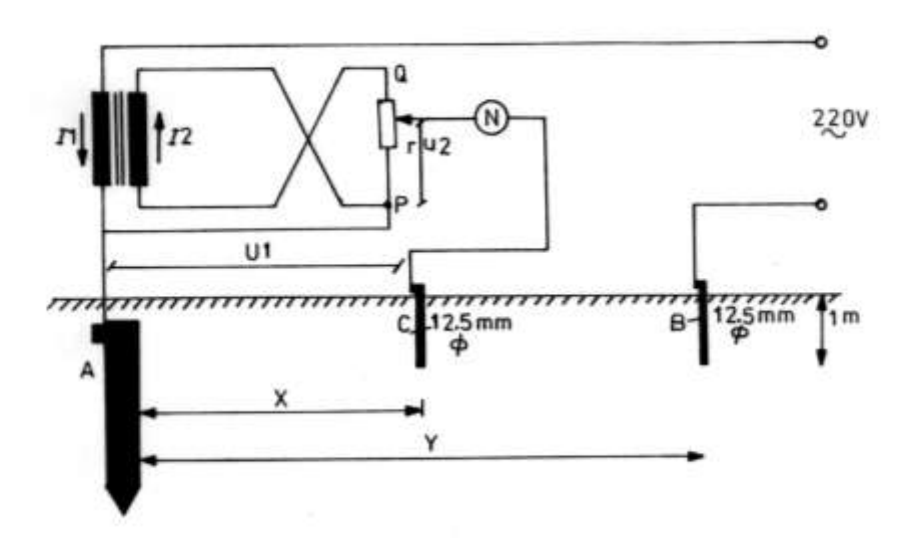
الجدول (٩-١)

y (m)	x (m)	y (m)
20	20	≤ 4
40	15	≥ 4

وفى حالة قياس مقاومة أرضى عبارة عن شبكة تأريض يجب أن تكون المسافة بين القضيب المساعد والموصل بالنقطة P_2 والحدود الخارجية لشبكة التأريض x لا تقل عن 5D حيث إن D هو القطر المتوسط لشبكة التأريض، أما المسافة y فيجب ألا تقل عن 40m .

الطريقة الثانية : وتسمى هذه الطريقة بهرند Behrend's Method .

والشكل (٩-٢) يبين طريقة بهرند فى قياس مقاومة الأرضى لنظامى TN , IT .



الشكل (٩-٢)

وتستخدم هذه الطريقة قطب مساعد B ، ومجس C ، حيث إن طولهما 1m، وقطرهما 13mm، ويستخدم كذلك محول تيار بنسبة تحويل 1:1 وجهاز أميتر له تدريج موجب وآخر سالب ونقطة صفر ويسمى بجهاز كشف الصفر Zero detector . والجدول (٩-٢) يعطى قيم المسافات x,y المبينة بالشكل (٩-٢) تبعًا لبيانات القطب الأرضى A .

الجدول (٩-٢)

نظام التأريض	x (m)	y (m)
قطب أرضي واحد طوله يصل إلى 10m	20	40
قطب أرضي واحد طوله 10m	2 L	2 L
شبكة تأريض قطرها المتوسط D	2.5 D	2.5 D

ويتم تحريك الذراع المنزلق لمجزئ الجهد R فى الاتجاه الذى يجعل جهاز كشف الصفر يقرأ صفراً، فى هذه الحالة يصبح

$U_1 = U_2$

$I_1 R_A = I_2 r$

وحيث إن $I_1 = I_2$ لأن نسبة تحويل محول التيار 1:1 لذلك فإن

$R_A = r \rightarrow 9.1$

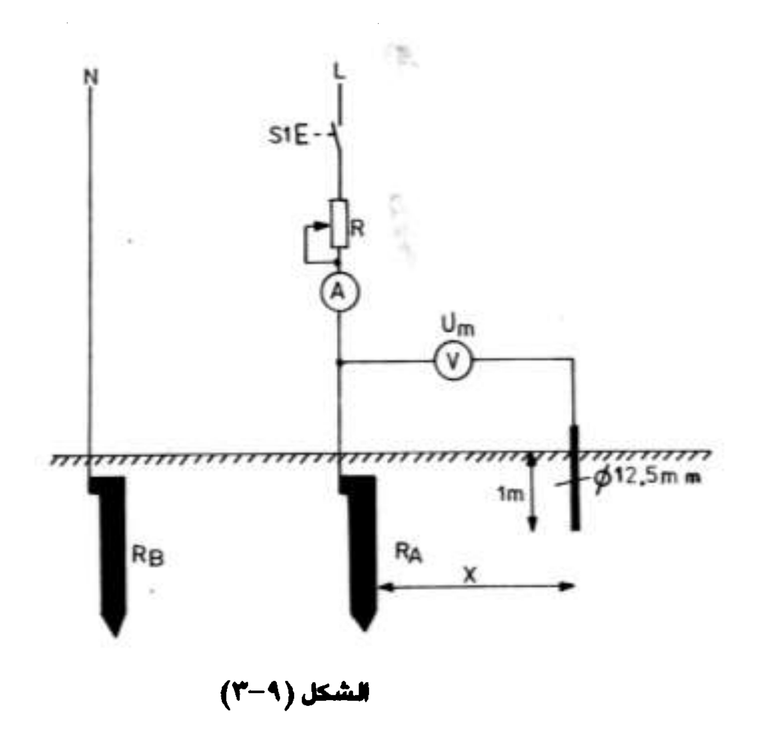
حيث إن مقاومة الأرضى R_A

٩ / ٢ / ٢ - قياسى مقاومة الأرضى لنظام TT

يوجد طريقتان لقياس مقاومة الأرضى لنظام TT

الطريقة الأولى:

الشكل (٩-٣) يبين الدائرة المستخدمة لقياس مقاومة الأرضى لنظام T T باستخدام جهاز فولتميتر وجهاز أميتر.



الشكل (٩-٣)

وفى البداية نضبط المقاومة R على أكبر قيمة لها، ثم يتم الضغط على الضاغط S_1. فإذا كانت قراءة الفولتميتر أكبر من (50Vac)، فإن هناك احتمال قطع موصل الأرضى ويجب إيقاف التجربة. أما إذا كان جهد القياس أقل من ذلك يمكن الاستمرار فى التجربة مع تقليل المقاومة R بحيث لا تتعدى قراءة الفولتميتر (50Vac) وكلما ازداد تيار الاختبار ازدادت دقة النتائج. ويمكن حساب قيمة مقاومة الأرضى من المعادلة 9.2.

$$R_A = \frac{U_m}{I} \rightarrow 9.2$$

حيث إن :

مقاومة الأرضى R_A.

قراءة الفولتميتر U.

قراءة الأميتر I.

والجدول (٩-٣) يعطى قيمة x تبعًا لخواص أرضى الحمل A.

الجدول (٩-٣)

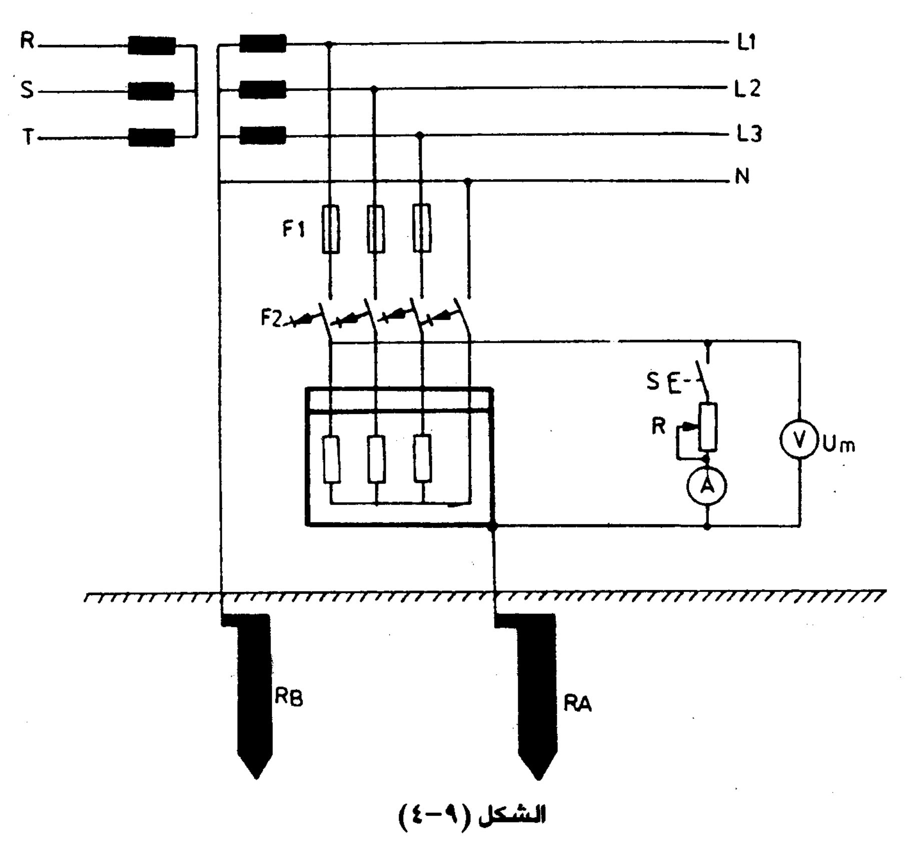
x	مواصفات أرضى الحمل
20 m	قضيب طوله $L \leq 10m$
2 L	قضيب طوله $L>10m$
2.5 D	نظام تأريض قطره المتوسط D

وفيما يلى بعض المعلومات الهامة

- مدى تدريج جهاز الأميتر أكبر من 10A .
- جهاز الفولتميتر له مقاومة داخلية تساوى 300 Ω/V وأقل مقاومة له 3000Ω.
- قيمة المقاومة المتغيرة R يساوى 20:22000Ω وقدرتها 20W.

الطريقة الثانية :

(الشكل ٩-٤) يبين الدائرة المستخدمة لقياس مقاومة أرضى الحمل فى نظام TT باستخدام جهاز فولتميتر وجهاز أميتر وقاطع تسرب أرضى.



الشكل (٩-٤)

وفى البداية يتم ضبط المقاومة R على أكبر قيمة لها، ثم نضغط على الضاغط S فإذا كان جهد التلامس على جسم الجهاز الكهربى أقل من 50Vac، فإن جهاز الفولتميتر يقرأ (V 170 =50-220) ، وإذا كانت قراءة الفولتميتر أقل من 170V فإن هذا يعنى أن جهد التلامس أكبر من 50Vac وفى هذه الحالة يجب إيقاف التجربة فى الحال.

أما إذا كانت قراءة الفولتميتر أكبر من 170V نستمر فى إجراء التجربة ونقوم بتقليل المقاومة R إلى أن يحدث فصل القاطع التسرب الأرضى.

أما إذا لم يفصل قاطع التسرب الأرضى دل على أن مقاومة الأرضى كبيرة جداً ونحصل على قيمة مقاومة الأرضى من المعادلة 9.3

$$R_A = \frac{U-Um}{I} \rightarrow 9.3$$

حيث إن :

مقاومة الأرضى	R_A
جهد المصدر الكهربى	U
قراءة الفولتميتر لحظة فصل القاطع	Um
قراءة الأميتر لحظة فصل القاطع	I

٩ / ٣ - اختبار قاطع التسرب الأرضي ELCB

أولاً : اختبار قاطع التسرب الأرضى فى نظام TN

الشكل (٩-٥) يبين طريقة اختبار قاطع التسرب الأرضى فى نظام TN . علماً بأن المقاومة الداخلية للفولتميتر المستخدم يجب ألا تقل عن 10kΩ.

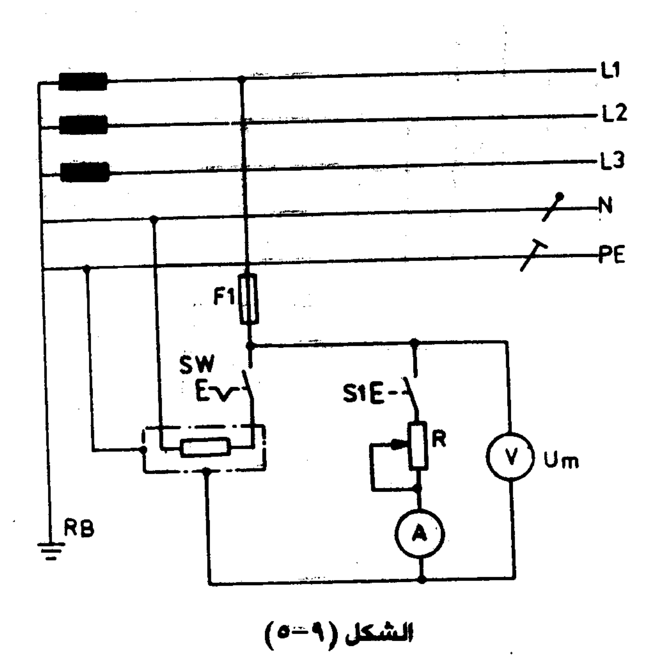
ولاختبار قاطع التسرب الأرضى نضغط على الضاغط T ، ثم نغير قيمة المقاومة R_P حتى يفصل قاطع التسرب فى هذه الحالة نسجل قراءة الأميتر والفولتميتر لحظة فصل القاطع. ويمكن الحصول على جهد التلامس من المعادلة 9.4.

$$Uc = U - Um \rightarrow 9.4$$

حيث إن :

جهد التلامس	Uc
جهد الوجه	U
قراءة الفولتميتر	Um

ويجب ألا يتعدى جهد التلامس 50Vac مع الإنسان ، 25Vac مع الحيوان ، بالإضافة إلى أن تيار التسرب الفعلى يجب ألا يتعدى 30mA وتتراوح قيمة المقاومة R_P ما بين (10:10000Ω)



الشكل (٩-٥)

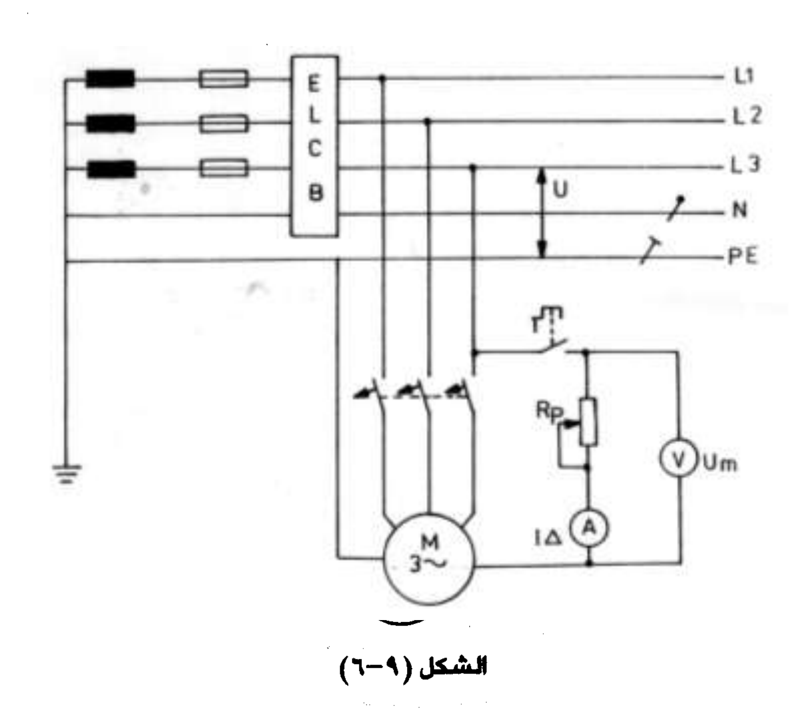
ثانياً: اختبار قاطع التسرب الأرضى ELCB المستخدم فى نظام TT

الشكل (٩-٦) يبين طريقة اختبار ELCB المستخدم فى نظام TT، ويجب ألا تقل مقاومة الفولتميتر الداخلية عن $10\ k\Omega$، فعند الضغط على الضاغط T مع تغيير قيمة المقاومة R_P والتى تتراوح ما بين $(10:10000\Omega)$ حتى يفصل ELCB، فى هذه الحالة نسجل قراءة الأميتر والفولتميتر لحظة فصل القاطع، ويمكن الحصول على قيمة جهد التلامس من المعادلة 9.4. ويجب أن يكون Uc أقل من 50Vac فى حالة الإنسان، وأقل من 25Vac فى حالة الحيوان، كما يجب أن تتحقق المعادلة 9.5.

$$I_\Delta \leq I_{\Delta N} \rightarrow 9.5$$

حيث إن:

قراءة الأميتر	I_Δ
تيار التسرب المقنن للقاطع	$I_{\Delta N}$



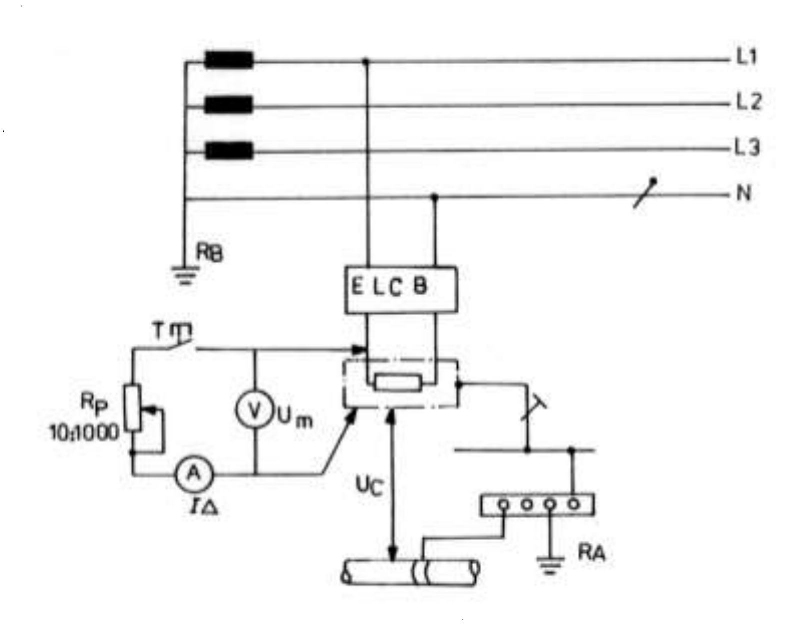
الشكل (٩-٦)

٩ / ٤ - قياس معاوقة مسار القصر

الشكل (٩-٧) يعرض دائرة قياس معاوقة مسار القصر فى نظام TNCS

حيث إن :

مقاومة أرضى المصدر	R_B
مقاومة متغيرة (20Ω- 45kΩ)	R
جهاز أميتر له تدريج يصل إلى 30A	A
جهاز فولتميتر مقاومته الداخلية 300Ω/V	V
ضـاغط	S_1
مفتاح ON - OFF	SW



الشكل (٩-٧)

وعندما يكون المفتاح SW مفتوحًا تكون قراءة الفولتميتر مساوية تقريبًا جهد المصدر U، أما إذا كانت قراءة الفولتميتر فى بداية التجربة صفراً أو قيمة صغيرة يجب التوقف عن أداء التجربة لوجود مشكلة فى التوصيل، وفى البداية يتم ضبط المقاومة R على أكبر قيمة لها، ثم يتم الضغط على S_1 ونبدأ فى تقليل قيمة المقاومة R وصولاً لأقل قيمة لها بشرط ألا تقل قراءة الفولتميتر عن 170V (باعتبار أن جهد المصدر 220V وجهد التلامس الأقصى 50V) فى هذه الحالة فإن معاوقة مسار القصر نحصل عليها من المعادلة 9.6.

$$Zs = \frac{U-Um}{I} \quad (\Omega) \rightarrow 9.6$$

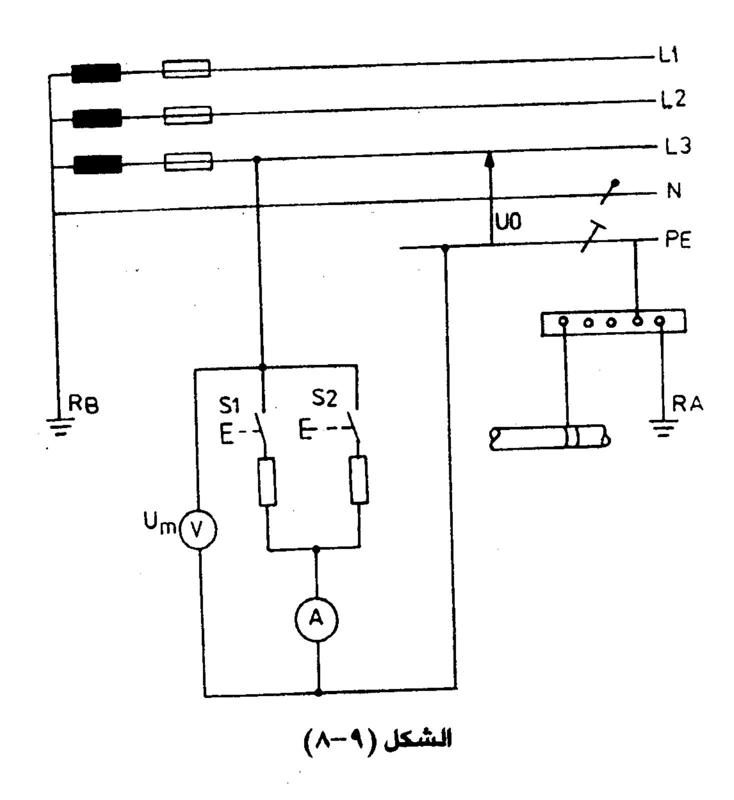
حيث إن :

معاوقة مسار القصر	Zs
قراءة الأميتر	I
قراءة الفولتميتر	Um
جهد المصدر	U

وعادة تكون معاوقة مسار القصر الحقيقية أكبر من القيمة المقاسة فى حالة استخدام كابلات الألومنيوم مساحة مقطعها $120mm^2$، أو الخطوط الهوائية المصنعة من النحاس والتى مساحة مقطعها $33mm^2$، والخطوط الهوائية التى مساحة مقطعها $50mm^2$ وذلك بنسبة 10%.

والشكل (٩-٨) يبين طريقة قياس معاوقة مسار القصر فى نظام TT، حيث إن R_P تساوى 22Ω عندما يكون جهد المصدر U مساوياً 220V وتساوى 12Ω عندما يكون جهد المصدر U مساوياً 127V أما قيمة R_V فتساوى $20R_P$. وفى البداية يتم الضغط على الضاغط S_1، فإذا كان Um (قراءة الفولتميتر) تساوى U (جهد المصدر) نحرر S_1 ونضغط على S_2 ونحصل على معاوقة القصر من المعادلة 9.7.

$$Z_S = R_P \left(\frac{U - U_m}{U_m} \right) (\Omega) \rightarrow 9.7$$



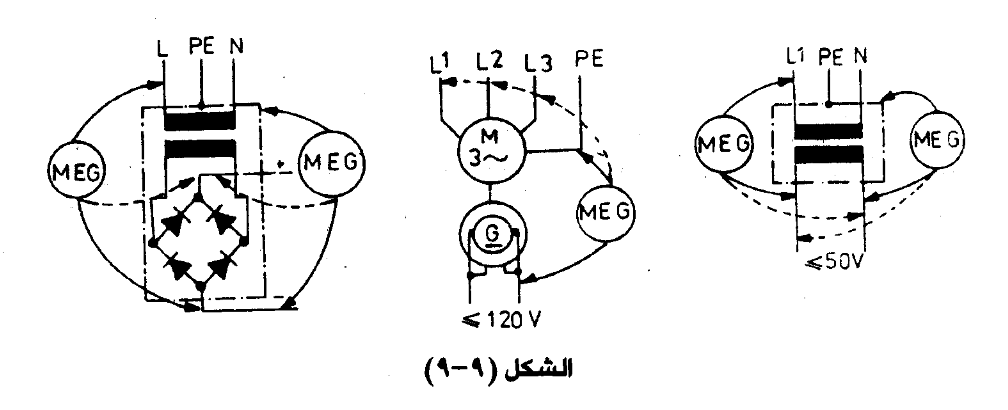
الشكل (٩-٨)

٩ / ٥ - اختبارات العزل

الشكل (٩-٩) يبين طرق اختبار عزل مصادر القدرة المختلفة، فالشكل (أ) يوضح كيفية اختبار عزل محول كهربى خرجه أقل من 50V حيث يتم اختبار العزل بين الملف الابتدائى وجسم المحول وكذلك الملف الثانوى وجسم المحول.

والشكل (ب) يوضح طريقة اختبار عزل وحدة عزل وحدة محرك مولد، بحيث إن خرج المولد أقل من أو يساوى 120Vdc، حيث يتم اختبار العزل بين الأوجه الثلاثة للمحرك L_1, L_2, L_3 ، وخط الوقاية PE مع خرج المولد.

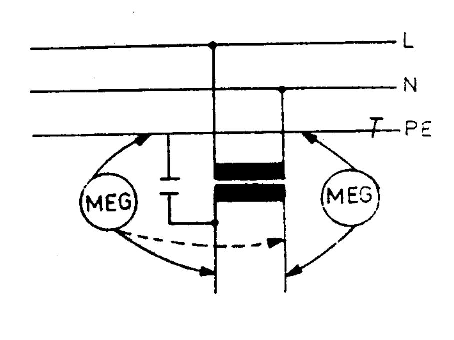
والشكل (جـ) يوضح طريقة اختبار عزل مصادر القدرة الالكترونية حيث يتم اختبار خرج المصدر الأقل من أو يساوى 120 Vdc مع الهيكل الخارجى وكذلك مع الملف الابتدائى للمحول. وإذا كانت الثنائيات المستخدمة Diodes يخشى عليها من جهد اختبار العزل 500 Vdc يمكن نزعها وإجراء اختبار العزل على المحول كما بالشكل (أ).



الشكل (٩-٩)

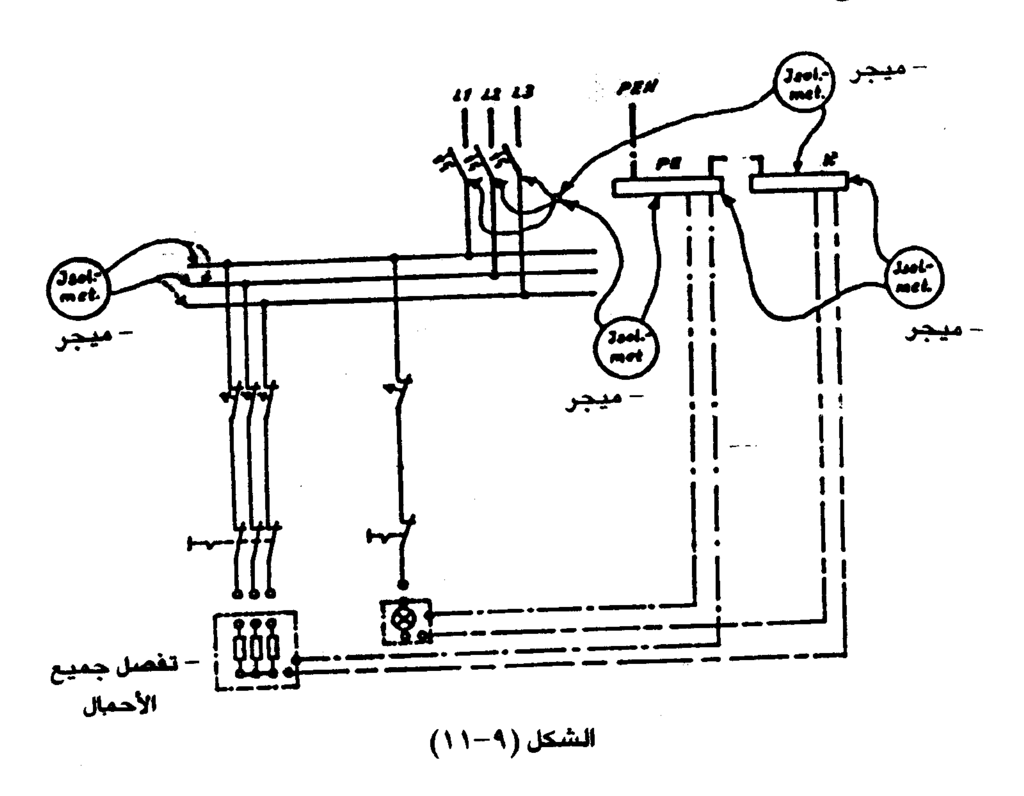
والشكل (٩-١٠) يبين طريقة اختبار عزل محول الأمان Safety transformer .

والجدير بالذكر أن الملف الثانوى لمحول الأمان يوصل بالأرضى فى حالة عدم وجود عزل جيد بين الملف الثانوى والملف الابتدائى، وعند الاختيار يجب نزع وصلة التأريض للملف الثانوى ثم يجرى الاختبار بين الملف الثانوى والابتدائى وجسم المحول بجهد مقداره 1500 V لمدة دقيقة واحدة.



الشكل (٩-١٠)

والشكل (٩-١١) يبين طريقة اختبار العزل بين كلٍّ من (L1-L2)، (L1-L3)، (L2-L3)، (L1-L2-L3-N)، (PE, N) ويجب أن تكون مقاومة العزل أكبر من 1MΩ لمصدر كهربى TNS حيث يجب فصل الخط الواصل بين قضيب N وقضيب PE، وكذلك فصل جميع الأحمال الكهربية.



الشكل (٩-١١)

٩ / ٧ - اختبار جهاز مراقبة العزل

الشكل (٩-١٢) يبين الدائرة المستخدمة لاختبار جهاز مراقبة العزل حيث إن قيمة المقاومة R تتراوح ما بين (5:60kΩ) . ولاختبار جهاز مراقبة العزل Z يتم الضغط على الضاغط S_1 وتقلل قيمة المقاومة R حتى تضيء لمبة الإنذار لجهاز مراقبة العزل، فى هذه الحالة تصبح قيمة المقاومة R مساوية أو أكبر من المقاومة المعاير عليه جهاز مراقبة العزل وحيث إن مقاومة الاختبار R موصلة بالتوازى مع مقاومة عزل النظام لذلك فإن جهاز مراقبة العزل يعمل قبل وصول قيمة المقاومة R للمقاومة المعاير عليها جهاز مراقبة العزل .

الشكل (٩-١٢)

ملحق-١ الوحدات والمضاعفات والأجزاء

١- الوحدات الأساسية

الكمية	الوحدة	الاختصار
التيار	أمبير	A
الطول	متر	m
الكتلة	كيلو جرام	Kg
درجة الحرارة	كيلفن	K^0
الزمن	الثانية	S

٢- الوحدات المشتقة

الكمية	الوحدة	الاختصار	الكمية	الوحدة	الاختصار
القدرة	وات	W	مساحة المقطع	ملى متر مربع	mm^2
التردد	هيرتز	HZ	القطر	ملى متر	mm
الجهد	ڤولت	V	الزمن	دقيقة	min
المقاومة	أوم	Ω		ساعة	hr
المقاومة النوعية	أوم . متر	Ω.m		سنة	year
درجة الحرارة	درجة مئوية	C°			

٣- المضاعفات والأجزاء

المضاعف	الاختصار	المدلول	الجزء	الاختصار	الجزء
ميجا	M	10^6	ملى	m	10^{-3}
كيلو	K	10^3	ميكرو	µ	10^{-6}
			نانو	n	10^{-9}

ملحق -٢ مقارنة بين الرموز العالمية والألمانية والأمريكية

الوصف	أمريكي	عالمي	ألماني
الأوجه الثلاثة للمصدر الكهربي	A B C	1 2 3	L1 L2 L3
خط التعادل	N	N	N
خط الوقاية	G	PE	PE
خط التعادل والوقاية		PEN	PEN
هيكل جهاز			
أرضي جهاز			
مقاومة			
مجزئ جهد			
ملف			
مكثف			
ثنائي (موحد)			
مفتاح انضغاطي بريشتين		E	E
ضاغط بريشتين مفتوحة ومغلقة	PB	E	E
كونتاكتور			
كونتاكتور مع متمم حراري			

تابع مقارنة بين الرموز العالمية والألمانية والأمريكية

الوصف	أمريكى	عالمى	ألمانى
قاطع دائرة مقولب أو مفتوح بوقاية حرارية ومغناطيسية			I > I > I >
قاطع دائرة مصغر قطب واحد			
قاطع تسرب أرضى قطبين			
محدد جهد قطب واحد			
مصهر قطب واحد			
جهاز مراقبة عزل ثلاثة أوجه			Z
محول وجه واحد			
محول ذاتى وجه واحد			
محول ثلاثى الوجه Y - Y			
جهاز Kwh	M		
جهاز أميتر	A	A	A
جهاز فولتميتر	V	V	V

المراجـــع

Refrences

1- Gunter G.Seip.

Electrical Installation Hand book. Germany. John wiley & Sons 1987.

2- Klockner Moeller.

Automation and power Distribution wiring manual. Germany. Klockner moeller 1990.

3- Merlin Gerin.

Low voltage circuit breaker application Guide. France. Merlin Gerin 1990.

4- Asea Brown Boveri.

Residual current. operated CB.

Germany. ABB 1990.

5- Asea Brown Boveri.

High Rupturing capacity Miniature CB Catalog. Germany. ABB 1990.

6- Asea Brown Boveri.

Surge Arrestor Catalog. Germany. ABB 1990.

7- Mitsubishi.

Molded- Case CB's & Miniature CB's & Earth-leakage CB's & Relays Catalog. Japan. Mitsubishi 1990.

8- Siemens.

General Catalog 2 Standard products. Germany. Siemens 1990.

9- Legrand.

Electrical fittings and wiring accessories catalog. France. Legrand 1994.

10- Trevor E.Marks.

Hand book on the IEE wiring Regulation. No Hing ham- England. William Ernest publishing 1988.

11- E.A.Reeves.

Handbook of electrical Installation Practice. London. Blackwell scientific publications 1990.

12- W.E. Steward and T.A.Stubbs.

Modern wiring practice. London. Newnes Technical books 1992.

13- W.Turner.

Question & Answers Home electrics. London. Newnes Technical books 1985.

14- F Hall. Electrical services in buildings. London. Construction Press 1982.

15- Wilhelm Rudolph.

safety of electrical Installation up to 1000 Volts. Berlin. verlag 1990.

16- Ronald P.O Riley

Eledrical Grounding. USA. Delmar publishers Inc. 1988.